

GUÍA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN Y POSCOSECHA DEL CAFÉ ARÁBIGO

*Gustavo Adolfo Enriquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi*

2014

COfenac 
Consejo Cafetalero Nacional



Instituto Tecnológico de Costa Rica

GUÍA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN Y POSCOSECHA DEL CAFÉ ARÁBIGO

*Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi*

2014



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

Autores:

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi

Revisores técnicos:

Nelson Motato Alarcón
Oswaldo Valarezo Cely
Diana Farfán Talledo
Rubén Corral Castillo
Ciro Verduga Avellán
Carlos Javier Reyes Pilay
Willian Chilán Villafuerte

Primera Edición:

1.000 ejemplares
Enero 10 del 2014
Portoviejo - Ecuador

Fotografías:

Consejo Cafetalero Nacional

Diseño y Diagramación:

Cristian Olmedo

Impresión:

CGRAF, Manta - Ecuador

PRESENTACIÓN

La presente publicación titulada "*Guía Técnica para la Producción y Poscosecha del Café Arábigo*" recoge las experiencias de los Investigadores y Extensionistas del Consejo Cafetalero Nacional y de otras instituciones públicas y privadas; así como, de las organizaciones de productores vinculadas a la generación y transferencia de tecnología cafetalera. Es una sistematización de las prácticas recomendadas en los distintos momentos de los procesos de producción y poscosecha del café arábigo en el Ecuador.

El Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC) y la Empresa Solubles Instantáneos C.A. (SICA), instituciones que mantienen, por varios años, una sólida alianza estratégica en investigación y desarrollo cafetalero, auspician y financian la difusión de este documento, con el objetivo de contribuir a la reactivación de la caficultura ecuatoriana en base de la aplicación eficiente de las alternativas tecnológicas para el manejo del cultivo del café arábigo.

Portoviejo, Enero 10 del 2014.

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

CONSEJO CAFETALERO NACIONAL
Ing. Juan Alberto Vera Zambrano
DIRECTOR EJECUTIVO

*Aunque todos los científicos agrónomos trabajen con plantas,
la gente es lo que en realidad más interesa, y seguirán ayudándoles a
conservar y aprovechar sus recursos fitogenéticos
y naturales para mejorar su nivel de vida.*

Emile Frison, IPGRI, 2003.

DEDICATORIA

A la Memoria de mi Padre el
General Gil Alberto Enríquez Gallo,
Amante de la justicia (igualdad) social

Gustavo Adolfo

*“El General G. Alberto Enríquez durante su gobierno me manifestaba sus
anhelos de que los pueblos deben romper las cadenas de la miseria,
de la ignorancia y del fanatismo que afectan a las masas y las
esclavizan, para elevarlas a una categoría de hombres
libres, forjadores de su propio destino”.*

Dr. Carlos Ayala Cabanilla, 1962.

*Con Infinito Amor
A mi Hijo Alberto Lenín
y a mis Hijas Miriam Patricia,
Nataly Estalina, Soledad Elizabeth
y Diana Mercedes.*

Luis Alberto

AGRADECIMIENTO

Los autores dejamos constancia de nuestro agradecimiento a la Empresa Solubles Instantáneos C.A. (SICA), en la persona del Sr. Jorge Salcedo Benítez, Presidente de la Compañía, y al Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), representado por el Ing. Juan Vera Zambrano, Director Ejecutivo, por el aporte técnico y económico que posibilitó la publicación de la presente "Guía Técnica para la Producción y Poscosecha del Café Arábigo".

Gustavo Adolfo agradece a Sonia P. y Katia F., mis hijas, por la colaboración en la extracción de cuadros y figuras. A mi sobrina Ana Virginia Vargas O., por su constante ayuda en la presentación general de las fotografías y textos. A mi esposa Sonia I. Oreamuno B. por su paciente apoyo durante el desarrollo del libro.

Luis Alberto agradece a Diana Sofía Farfán Talledo, mi compañera, por el apoyo profesional brindado en la revisión de los textos y por ese apoyo incondicional en todas las vicisitudes de la vida.

Agradecemos a los Revisores Técnicos Ings. Nelson Motato Alarcón, Oswaldo Valarezo Cely, Diana Farfán Talledo, Willian Chilán Villafuerte, Ciro Verduga Avellán, Carlos Javier Reyes y Rubén Corral Castillo. A los Compañeros Investigadores y Extensionistas del Consejo Cafetalero Nacional por su colaboración en la gestión técnica y por su trabajo cotidiano orientado a impulsar la tecnificación de la caficultura ecuatoriana.

PREFACIO

La presente publicación es una sistematización de las prácticas recomendadas para tecnificar los procesos de producción y poscosecha del café arábigo, en los distintos ecosistemas cafetaleros del Ecuador.

En esta *Guía Técnica para la Producción y Poscosecha del Café Arábigo* se recogen las experiencias de los investigadores y extensionistas del Consejo Cafetalero Nacional y de otras instituciones públicas y privadas vinculadas a la generación y transferencia de tecnología; así como, de las vivencias de muchos productores que con su trabajo cotidiano sostienen este noble sector productivo.

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 arábigo.

En el documento se trata sobre los ecosistemas apropiados para el cultivo, los conceptos de mejoramiento de la finca; los aspectos de botánica, especies y variedades, el manejo de semilleros y viveros, el establecimiento de cafetales, la asociación temporal y permanente, el riego, la fertilización, las podas, el manejo de la sombra, el manejo de plagas insectiles y nematodos, el control integrado de enfermedades, el manejo de malezas; la conservación del agua, suelo y biodiversidad; la poscosecha, la calidad e inocuidad, los cafés de especialidades y los costos de producción.

Portoviejo, Enero 10 del 2014.

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón, Ph. D.

Luis Alberto Duicela Guambi, Mg. Sc.

1. AGROECOSISTEMA CAFETALERO

Un ecosistema agrícola o agroecosistema se define como el espacio físico donde interactúan los factores tecnológicos, socioeconómicos y ecológicos para la producción de alimentos y otros bienes que requieren, directa o indirectamente, los seres humanos para satisfacer sus necesidades, a través del tiempo.

El ecosistema cafetalero, en consecuencia, es un ambiente dedicado al cultivo del café, donde hay la intervención de los componentes bióticos y abióticos, direccionados por el hombre, que interactúan en forma dinámica y constante, para favorecer o limitar la producción, la calidad y la inocuidad del café (Figura 1).

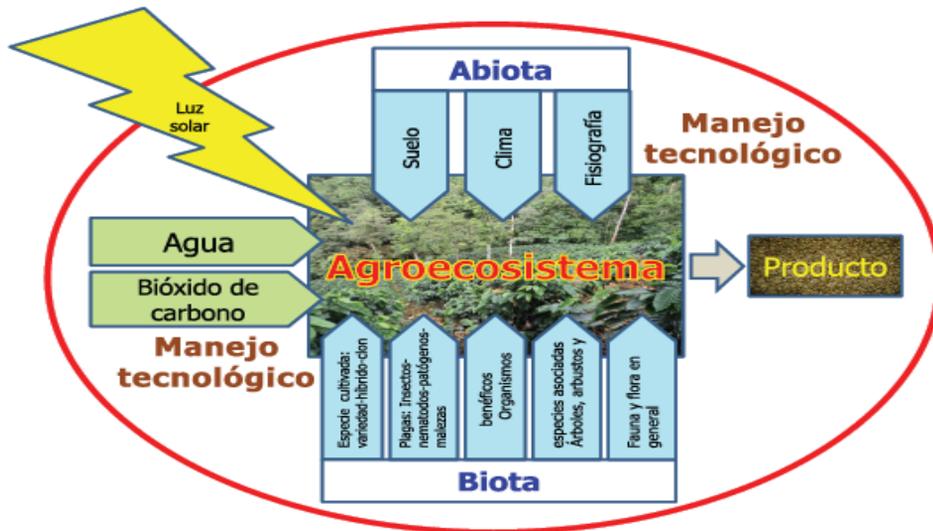


Figura 1. Agroecosistema cafetalero.

El principal proceso fisiológico que ocurre en un agroecosistema es la fotosíntesis, mediante el cual las plantas clorofiladas (verdes) capturan la energía lumínica del sol, en presencia de agua (H_2O) y bióxido de carbono (CO_2), y la transforman en energía química ($C_6H_{12}O_6$) que se almacena en los tejidos y órganos de las plantas con liberación de oxígeno (O_2) a la atmósfera. El aprovechamiento eficiente de la energía luminosa del sol es un factor clave para desarrollar una caficultura de alta productividad.

Las principales zonas productoras de café arábigo en el Ecuador, están ubicadas en las provincias de Manabí, Loja, El Oro, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Cañar, Cotopaxi, Pichincha, Santo Domingo, Imbabura, Carchi, Los Ríos, Guayas, Esmeraldas y Galápagos. Esto significa que los cafés arábigos se encuentran cultivados en muy diversos ambientes; por lo tanto, resulta fundamental conocer las características de estos ecosistemas cafetaleros para poder manejarlos eficientemente.

1.1. COMPONENTE BIÓTICO

El componente biótico o conjunto de organismos vivos del agroecosistema cafetalero está integrado por los siguientes elementos:

- Los cafetos (especie, variedad, híbrido).
- Las plagas, que en su concepto más amplio incluye a todos los organismos perjudiciales, como: plagas insectiles, nematodos parásitos, hongos fitopatógenos y malezas.
- Organismos benéficos como: hiperparásitos, reguladores de poblaciones; plantas fijadoras de nitrógeno, especies herbáceas de cobertura, entre otras.
- Fauna (aves, roedores, mamíferos silvestres).
- Flora nativa (especies herbáceas, arbustivas y arbóreas).
- Especies cultivadas en asociación temporal y permanente.
- Fauna y flora del suelo (lombrices, bacterias, hongos, algas, actinomicetos, entre otros).

Todos los organismos vivos de un agroecosistema dependen unos de otros y están en armoniosa y permanente interacción con los elementos de la abiota como el suelo y el clima. El equilibrio de estas relaciones e interrelaciones entre organismos vivos y elementos abióticos ocurre en forma natural o está direccionado por el hombre mediante la aplicación de las tecnologías de manejo.

En esta perspectiva, se hace mejoramiento genético para obtener variedades de alta producción y con resistencia a las principales enfermedades, principalmente a la roya anaranjada del café.

La presencia de plagas insectiles, de nematodos, de hongos fitopatógenos y de malas hierbas que son organismos que perjudican directamente a las plantas cultivadas, reduciendo su capacidad de producción o deteriorando la calidad del grano, motiva a que el hombre construya alternativas de control integrado.

En este propósito se han desarrollado alternativas de control biológico de la broca del fruto, usando avispidas (*Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis*, *Phymastichus coffea*) que actúan como parásitos o predadores; se han aprovechado los hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*) e hiperparásitos (*Verticillium lecanii*); se fomenta el uso de hierbas nobles como cobertura vegetal viva que tiene múltiples beneficios para el ecosistema cafetalero.

Las especies de la fauna y flora nativas tienen un significativo valor en el equilibrio del agroecosistema cafetalero. Por ejemplo, hay plantas indicadoras del estado de salud del entorno y de la situación de acidez o de alcalinidad del suelo. La diversidad faunística forma parte del paisaje cafetalero, pues, en un cafetal habitan y encuentran alimento distintas especies de aves, roedores y mamíferos silvestres.

Además, la asociación de cafetales en crecimiento con especies que proporcionan sombra provisional (guandul) o cultivos de ciclo corto (maíz, maní, arroz, fréjol), de ciclo anual (papaya, plátano) o perennes (frutales y árboles) en diversos arreglos espaciales y temporales, configuran la estructura del agroecosistema cafetalero.

En el suelo habitan muchas especies de bacterias, hongos y nematodos fitoparásitos o zooparásitos; así como, diversas poblaciones de organismos macroscópicos como las lombrices, larvas de insectos, arácnidos, diversos artrópodos, entre otras. También habitan poblaciones de microorganismos que establecen relaciones simbióticas, estabilizan la estructura del suelo, forman y producen humus y antibióticos, provocan reacciones químicas, mineralizan la materia orgánica, estabilizan el pH y oxidan los elementos como el fósforo y el azufre. Este grupo de microorganismos lo constituyen principalmente las bacterias, los hongos y los actinomicetos (Figura 2).



Figura 2. Algunos microorganismos del suelo.

Las bacterias descomponen la materia orgánica, tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas, contribuyen a la fijación de nitrógeno en forma simbiótica (*Rhizobium* con leguminosas) y en forma libre (género *Azotobacter*); intervienen en el proceso de nitrificación (*nitrosomas* y *nitrobacter*) y en los ciclos del nitrógeno y del azufre.

Los hongos descomponen la materia orgánica y contribuyen a la síntesis del humus, siendo capaces de solubilizar minerales (carbonatos y fosfatos). La asociación de hongos con las raíces de las plantas (micorrizas) permite el crecimiento de los vegetales en suelos muy pobres. Además, hay hongos benéficos, antagonistas y entomopatógenos, que contribuyen al equilibrio de los ecosistemas.

Las algas fijan nitrógeno (algas verde-azules "cianofíceas") y participan en los procesos de formación del suelo.

Los actinomicetos descomponen sustancias resistentes, intervienen en la formación de humus y mantienen el equilibrio entre las diversas poblaciones a través de la producción de antibióticos.

1.2. COMPONENTE ABIÓTICO

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

1.2.1. 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 determina las características: textura, estructura, consistencia y porosidad.

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: 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 plantas, en 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 no solo depende de las condiciones del suelo, sino de la integración de todos los factores ambientales, genéticos y de manejo.

Las características que debe reunir un suelo para dedicarse a la producción de café son las siguientes:

- Textura franca, franco arcillosa, franco arenosa o franco limosa.
- Estructura granular.
- Alta fertilidad natural (determinada mediante análisis químico).
- Abundante cantidad de hojarasca en la capa superficial.
- Espesor de la capa de humus (A_0) y del resto del horizonte A, mayor a 10 centímetros.
- Profundidad de 0,50 a 1,0 metros.
- Apreciable riqueza microbiana.
- Terreno plano o de poca pendiente.
- Buen drenaje.

Se da énfasis en las características físicas y químicas del suelo. Las características biológicas se indicaron como parte del componente biótico.

Características físicas del suelo

Las características físicas de los suelos son: textura, estructura, profundidad, consistencia, color, profundidad y drenaje. La erosión del suelo se considera una forma de degradación de todas las propiedades.

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 del suelo se determina haciendo una calicata de 1 x 1 x 1 metros u observando los perfiles o cortes en las carreteras. De igual manera, el color del suelo, el drenaje y el grado de erosión se determina 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 o diámetro: arena (0,05 a 2,0 mm), limo (0,05 a 0,002 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. El análisis físico 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 está relacionada con 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 en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin obstáculos para conseguir el agua y los nutrimentos 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 de un suelo se refiere a la reacción, a la presión mecánica y está relacionada con la humedad. No se debe hacer la caficultura en suelos compactados, sino solo después de un proceso de laboreo.

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 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, los cuales son inconvenientes para el cultivo de café. Un buen drenaje evita el encharcamiento del agua lluvia o del riego, previniendo los daños fisiológicos a las raíces o las pudriciones radicales por acción de los patógenos del suelo.

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".

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 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 hay vientos fuertes. La erosión hídrica es ocasionada por el agua de las lluvias. Las gotas de lluvia al caer directamente sobre la superficie del terreno, aflojan y rompen las partículas del suelo en el sitio del impacto y luego las transportan hacia lugares más bajos. Estas partículas pueden ser arrastradas o llevadas por el agua más fácilmente en terrenos de ladera.

Los procesos de erosión hídrica, están relacionados con los siguientes elementos ambientales:

- La cantidad de lluvia en una unidad de tiempo (medida en milímetros).
- La frecuencia entre un aguacero y otro.
- La cobertura vegetal del suelo (hierbas nobles y acolchados).
- La pendiente del terreno.

Características químicas del suelo

Las características químicas se determinan en laboratorios acreditados para realizar los análisis químicos donde se determina, entre otros aspectos: 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 denominando potencial hidrógeno (pH) y se relaciona con la concentración de iones hidrógeno (H^+) en la solución del suelo. El término pH define la relativa condición básica o ácida del suelo y se mide en una escala 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 lo cafetos. Hay una estrecha relación del pH del suelo con las deficiencias minerales y toxicidad de los iones H^+ y OH^- (Figura 3). 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; en cambio, cuando se tienen niveles de pH debajo de 5,5 significa que los suelos son ácidos y hay que aplicar enmiendas como: carbonato de calcio, dolomita o cenizas para elevar el pH.

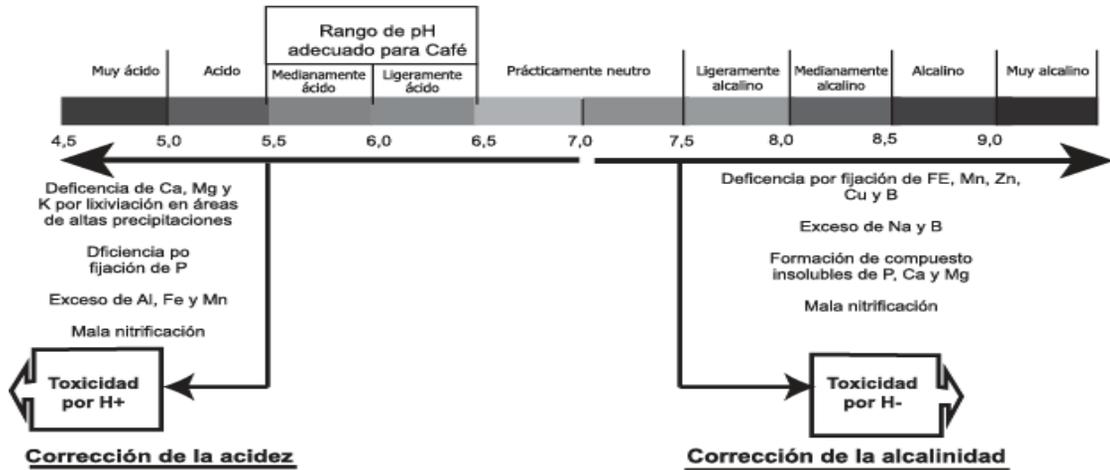


Figura 3. Relación del pH del suelo con deficiencias minerales y toxicidad de los iones H^+ y OH^- .

Contenidos de nutrimentos. - Los cafetos para su buen crecimiento y desarrollo requieren; además de agua y bióxido de carbono; de una nutrición equilibrada de macronutrimentos y micronutrimentos (Figura 4).

Para tomar las decisiones de fertilización, se requiere información del contenido en el suelo, básicamente, de los siguientes elementos: N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn y B. También es importante disponer de información del grado de acidez (pH), del contenido de materia orgánica y de la clase textural del suelo.

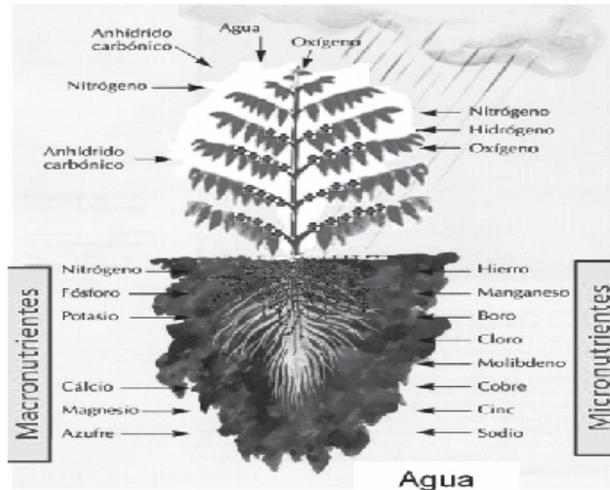


Figura 4. Los nutrimentos para el café.

Los análisis químicos del suelo de un lote, de una finca, de una parroquia o de un territorio más amplio, puede sistematizarse para inferir la situación de la fertilidad, en un momento determinado. Por ejemplo, el diagnóstico de la fertilidad de 32 fincas cafetaleras del noroccidente de Pichincha, se indican en la Figura 5.

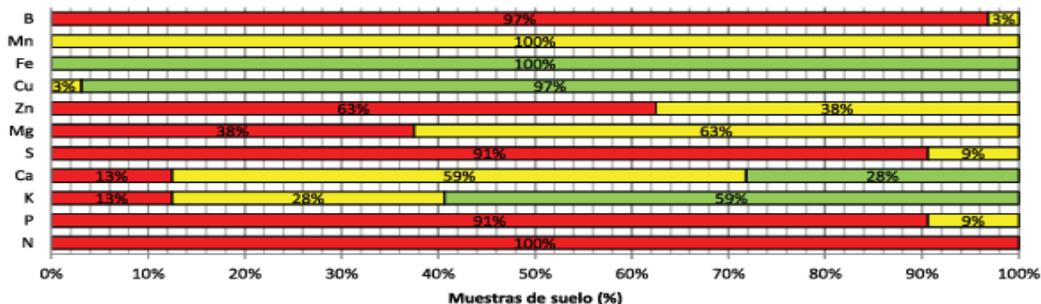


Figura 5. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de 32 fincas cafetaleras del noroccidente de Pichincha. COFENAC-GADPP.

Relaciones entre cationes intercambiables. - Las relaciones entre cationes intercambiables se calculan con los resultados cuantitativos de los contenidos de Ca, Mg y K, constituyéndose en una medida de la fertilidad de los suelos y de su productividad potencial. Tiene relación con la cantidad de cationes que pueden ser adsorbidos o retenidos por la fracción coloidal (arcilla y materia orgánica) de un suelo. Los cationes retenidos en los coloides del suelo pueden ser 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 tomar decisiones de ajustes de fertilización son: Mg/K, (Ca + Mg)/K, Ca/Mg y la suma de las bases (Ca+Mg+K). A partir de esta información se evalúa el balance de cationes y se toma las decisiones pertinentes referidas a la adición de los fertilizantes que se encuentren en desequilibrio.

Contenido de materia orgánica. - La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos vegetales y animales descompuestos y transformados por la acción de los microorganismos. 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 nutrimentos, 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 (Valencia 1998).

Durante la descomposición de la materia orgánica en el suelo, se liberan poco a poco los nutrimentos y cambian a formas aprovechables para las plantas. 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 (Iñiguez 1999).

Los parámetros de materia orgánica son diferentes para la costa y la sierra. En la Costa el contenido de materia orgánica es **bajo** si es menor del 3%, **medio** cuando varía de 3 a 5% y **alto** si tiene más del 5 por ciento. En la Sierra, el contenido de materia orgánica es **bajo** si fuera menor del 1%, **medio** cuando varía de 1 a 2% y es **alto** cuando supera el 2 por ciento.

1.2.2. Clima

El clima es el estado medio de la atmósfera de un lugar determinado (D' Ambrosio 2002). 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, se consideran tres escalas: el **macroclima** hace referencia a las condiciones de una región extensa (p.e.: Clima de la provincia de Manabí), el **mesoclima** se refiere a las condiciones de un área más pequeña (p.e.: Clima de la zona de Jipijapa) y el **microclima** trata de una área específica (p.e.: ambiente de un cafetal a nivel de finca).

Los regímenes climáticos del Ecuador se encuentran influenciados por los siguientes factores modificantes:

- La posición geográfica respecto de la línea ecuatorial.
- La circulación general de la atmósfera.
- La posición y movimientos de las corrientes oceánicas de El Niño y de Humbolt.
- Los efectos orográficos producidos por la cordillera de Los Andes y las pequeñas cadenas montañosas costeras.

Los principales factores determinantes del clima de una localidad son: temperatura, precipitación, evapotranspiración, vientos, radiación solar, entre otros. En el Cuadro 1, se indican los requerimientos climáticos fundamentales del café arábigo, relacionados con la temperatura media, la precipitación anual y la humedad relativa de la atmósfera.

Cuadro 1. Requerimientos de temperatura, precipitación y humedad relativa del café arábigo.

Factor climático	Requerimientos	Referencias
Temperatura media (°C)	Óptimo entre 18 y 21°C	Enríquez 1993
	Óptimo entre 17 y 23°C <16°C, causa disminución del crecimiento vegetativo >23°C limita la floración y fructificación	Guharay <i>et al.</i> 2000
	Óptimo entre 19 y 21°C >24°C, acelera el crecimiento vegetativo, pero limita floración y fructificación	Fischersworing y Roßkamp 2001, Haarer 1984
Precipitación Anual (mm)	1.200 a 1.800 mm/ año	Enríquez 1993
	1.600 a 1.800 mm/ año, con un período seco de 2 a 3 meses	Guharay <i>et al.</i> 2000
	>1.778 mm/ año	Haarer 1984
	<1.000 mm/ año, limita el crecimiento y cosecha >3.000 mm/ año, dificulta el control fitosanitario	Fischersworing y Roßkamp 2001
Humedad Relativa (%)	De 70 % a 95 %	Enríquez 1993, Fischersworing y Roßkamp 2001

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. El comportamiento de la atmósfera es el resultado de la acción de la radiación solar sobre la superficie terrestre y la propia atmósfera. La temperatura del aire está en estrecha relación con la latitud, altitud y diferencia en el comportamiento térmico de las superficies (Jaramillo 1988).

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.

Para el café arábigo, la temperatura óptima promedio varía de 18° a 21°C, según Enríquez (1993) o de 17° a 23°C, según Guharay *et al.* (2000). Las temperaturas debajo de los 16°C, en promedio causan disminución del crecimiento vegetativo y aquellas superiores a 23°C limitan la floración y la fructificación (Guharay *et al.* 2000). Las temperaturas muy altas o muy bajas inhiben el crecimiento del café; pues arriba de los 24°C la fotosíntesis decrece y se hace casi imperceptible a los 14°C (Nunes *et al.* 1968). Por esta razón, en las zonas muy calientes, la sombra del cafetal es un factor que modera las temperaturas altas, ocasionadas por los rayos solares.

La mayoría de los componentes del clima varían considerablemente con la altitud y la latitud. A medida que se eleva la altitud de una localidad cafetalera se disminuye la temperatura; pero, además, la temperatura tiende a disminuir a medida que se aleja de la línea ecuatorial. En algunas localidades del país, se encuentran cafetales arábigos en condiciones relativamente buenas hasta altitudes alrededor de los 2.000 msnm, en puntos cercanos a la línea equinoccial. En la Figura 6, se indica el mapa de temperaturas medias y su relación con las zonas cafetaleras, donde se observa que se hace caficultura en las áreas por arriba de los 18° centígrados.

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.

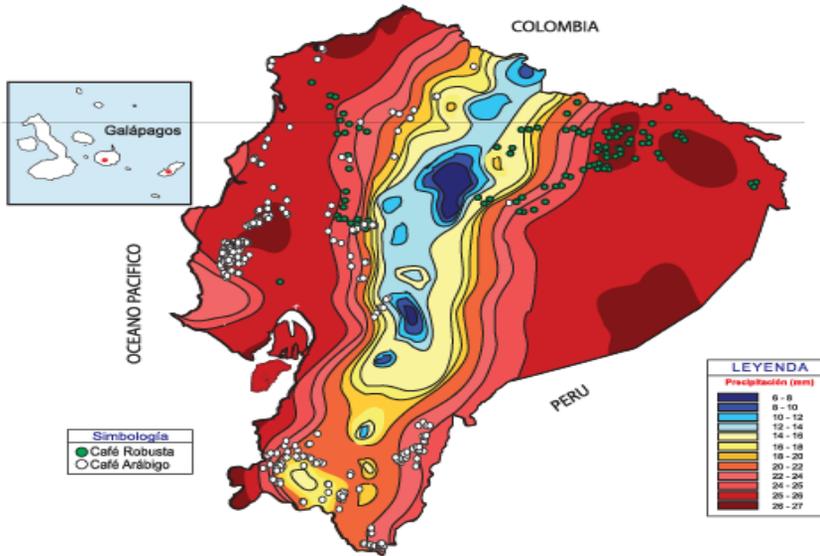
La precipitación se mide en milímetros (mm). Un milímetro de precipitación equivale a un litro de agua de lluvia caída/metro cuadrado en un tiempo específico. Por ejemplo: Una precipitación de 100 mm, en un mes determinado; significa que llovió 100 litros/metro cuadrado, en esa localidad, en ese mes.

En el Ecuador, los regímenes de lluvia, varían de un lugar a otro, tanto en la cantidad anual como en los patrones de distribución estacional. En la Figura 7, se expone el mapa de lluvias multianual, donde se puede observar que se cultiva café en zonas con diferentes regímenes de precipitación.

En la región litoral, los patrones de precipitación están influenciados por la corriente fría de Humboldt y la corriente cálida de 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.

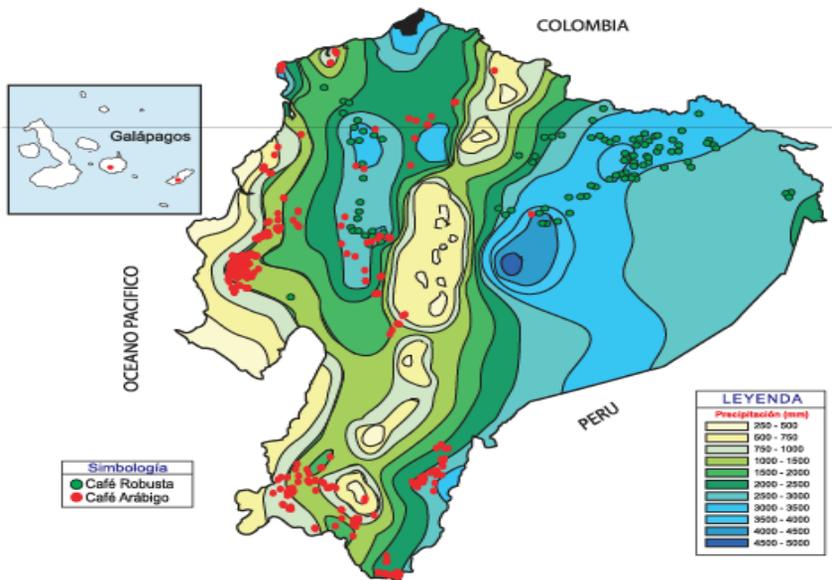
A intervalos aproximados de siete años, ocurre el fenómeno de "El Niño", donde la corriente cálida se mueve más hacia el sur, hasta la costa peruana, desplazando a la corriente fría de Humboldt y causando lluvias torrenciales e inundaciones en la costa. Los últimos desastres ocasionados por fenómeno de "El Niño" ocurrieron en 1.982-1.983 y 1.997-1.998.

La precipitación óptima para el cultivo de café arábigo varía de 1.200 a 1.800 milímetros, distribuidos en nueve meses consecutivos. Esto significa que el café arábigo necesita de un período de descanso de aproximadamente tres meses. Con las primeras lluvias, después del "descanso fisiológico", los cafetos florecen. Para asegurar el desarrollo de los frutos, las plantas requieren de agua, de forma continua, después de la floración.



Fuente: <http://www.inamhi.gob.ec/>

Figura 6. Mapa de temperaturas medias y relación con las áreas cafetaleras.



Fuente: <http://www.inamhi.gob.ec/>

Figura 7. Mapa de precipitaciones anuales y relación con las zona cafetaleras

Cuando hay lluvias intensas, que rompen los períodos secos, se provoca un desequilibrio en la fisiología de la planta (McFarlane 1949), que puede manifestarse en una floración continua. Un efecto similar se produce cuando se proporciona riego durante la época seca sin una adecuada planificación en función de la fenología de los cafetos. Si las lluvias son tenues pueden tener poco efecto en la floración; sin embargo, pueden crear condiciones predisponentes para el ataque de plagas y patógenos o el crecimiento de las malas hierbas.

Con la información multianual de la precipitación y temperatura media, se pueden elaborar los diagramas ombrotérmicos de una zona cafetalera específica y determinar la época con déficit hídrico.

Para la elaboración del diagrama ombrotérmico de Gausson, en el eje X se ubican los doce meses del año; en el eje Y₁ se indican las precipitaciones medias mensuales (mm) y en el eje Y₂ las temperaturas medias (°C). La escala de la precipitación Y₁, se relaciona con la escala de la temperatura Y₂ considerando que a cada unidad de temperatura le corresponde dos unidades de precipitación. La representación gráfica de esta relación entre precipitación y temperatura permite identificar la época con déficit hídrico.

En la Figura 8, como referencia, se indica el diagrama ombrotérmico de la zona de Camposano, cantón Paján, provincia de Manabí, donde se observa que de junio a noviembre hay un notorio déficit de agua.

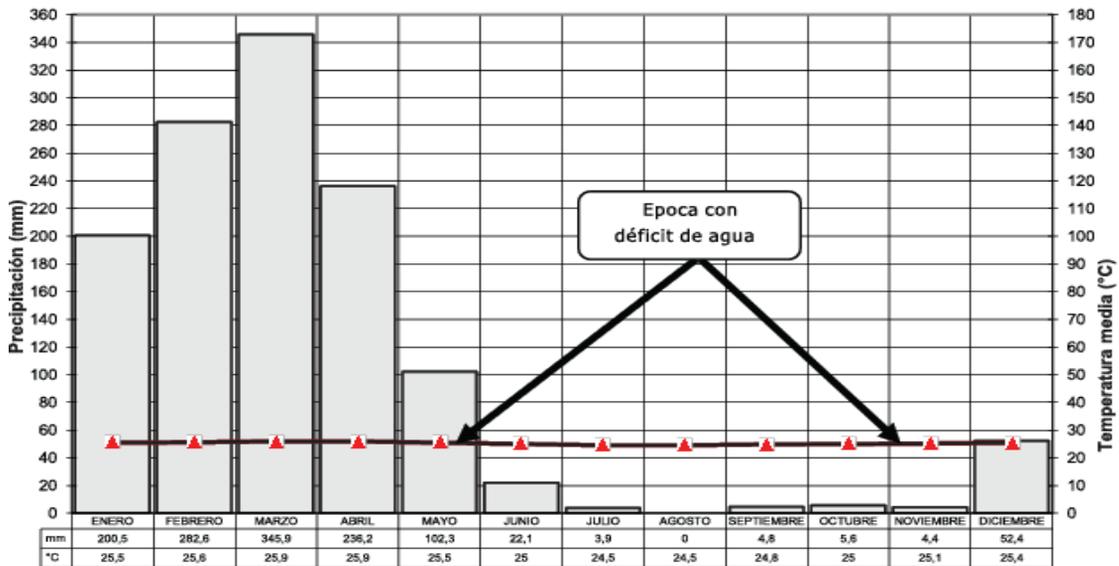


Figura 8. Diagrama ombrotérmico de la zona de Camposano, Manabí.

Evapotranspiración

La evapotranspiración es el conjunto de procesos de evaporación (del suelo) y de transpiración (de la cubierta vegetal). La lámina de agua evapotranspirada sobre una cuenca o vertiente, durante un período determinado, constituye su evaporación total en el curso de ese período (Unda 1963).

La evapotranspiración potencial es la máxima cantidad de agua que puede evaporarse de una capa continua de vegetación, que cubre un terreno, cuando no es limitada la cantidad de agua suministrada al suelo. En estas condiciones, la evapotranspiración está en función de la energía solar disponible y de la transferencia de masa húmeda que ocurriría por el viento. La cantidad de agua que las plantas transpiran corresponde al consumo de agua que retienen y usan para la fotosíntesis y el crecimiento. En un agroecosistema cafetalero, además de la transpiración, hay pérdidas de agua por la evaporación desde la superficie del suelo.

Un lugar ideal para cultivar café sería una zona donde hay algo más de 1.000 milímetros de evapotranspiración potencial con un período seco de tres meses; donde luego inicie el período lluvioso con precipitaciones intensas y abundantes para uniformizar la floración.

Humedad Relativa

La humedad relativa 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.

Cuando la lluvia y humedad relativa son permanentemente altas, como sucede en ciertas localidades de las estribaciones de la Cordillera de Los Andes (Enríquez 1993), los problemas sanitarios pueden constituirse en los factores limitantes de la producción. Si la humedad relativa alcanza niveles superiores al 85%, se afecta la calidad física del café oro y de la taza. De igual manera, el efecto de la alta humedad relativa favorece el ataque de enfermedades fungosas y de algunas plagas. En condiciones de alta humedad ambiental, también inciden las plantas parásitas que crecen en el tronco y ramas como son: musgos, "hierba pajarito" y otras.

Aparentemente la humedad relativa (HR) óptima varía en función de la adaptación de las variedades. Normalmente, promedios de 70 a 95% de humedad relativa son apropiados para café arábigo. Cabe indicar que a nivel del microclima en el cafetal, la alta densidad de árboles de sombra mantiene un ambiente con alta humedad relativa; por lo que se debe procurar un manejo equilibrado de la sombra.

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 brotes traten de reemplazar las hojas caídas, invirtiendo una buena cantidad de energía, la cual pudo haber sido aprovechada en la producción de frutos. Si esto sucede durante la floración los daños son aún mayores.

La siembra de árboles en los linderos como cortina rompe vientos, asociados a arbustos 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 temporal de musáceas protege 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 durante vientos mayores la evaporación del agua es muy rápida.

Heliofanía

El sol suministra cerca del 99,97% de la energía requerida para los procesos físicos que ocurren en el sistema tierra-atmósfera. En la parte superior de la atmósfera llega una cantidad, casi constante de energía, con un valor cercano a 2,0 calorías/cm²/minuto, denominado constante solar (Jaramillo 1988).

La radiación solar se describe como la energía directriz de la fotosíntesis, por lo que ejerce un efecto preponderante sobre la productividad y el uso del agua en los cultivos (Castillo *et al.* 1997). El área foliar del cafeto es un importante factor en la interceptación de la radiación solar, pues determina la fracción de energía solar que puede ser captada y convertida en material orgánico, a través de la fotosíntesis.

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). Para un máximo de fotosíntesis, la proporción de la luz que llegue a la hoja debe ser menor que un tercio de la insolación total del medio día.

La proporción de asimilación neta del cafeto es mayor bajo condiciones de luminosidad moderada que a pleno sol. Estas consideraciones son básicas sobre todo para asegurar un buen crecimiento inicial; puesto que cuando los cafetales están en la etapa de producción se auto sombream. Se considera que para que el cafeto funcione bien, con el máximo de asimilación a plena exposición solar, no debe haber ningún factor limitante; si sólo hubiese uno, la planta responderá negativamente.

El grado de luminosidad también tiene influencia sobre el área foliar y ésta a su vez influye en los rendimientos, siendo este factor muy relacionado con los atributos de los materiales genéticos (Alvim 1977).

Como referencia de las condiciones del clima en las áreas circundantes a las Estaciones meteorológicas del INAMHI, ubicadas hasta los 2.000 msnm, se expone información promedio del período 1984-1995 (Cuadro 2). En el referido Cuadro, se destaca que la variabilidad de algunos parámetros climáticos, especialmente de los días "sin lluvia", exige reflexionar sobre las perspectivas de una caficultura con riego, para lograr incrementos reales en la productividad.

Cuadro 2. Información climática de las Estaciones Meteorológicas del INAMHI. 1984-1995.

Estación	Provincia	Altitud (msnm)	Precipitación (mm/año)	Días sin lluvia	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Heliofanía (horas luz/año)
					Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	
Arenillas	El Oro	25	648	240	25,2	33,1	19,6	81	98	57	
Babahoyo	Los Ríos	7	2.147	223	25,4	32,7	20,3	81	98	58	965,8
Baños	Tungurahua	1.846	1.500	146	17,9	25,8	10,5	83	98	52	1.527,60
Bucay	Guayas	480	2.271	67	23,4	30,9	17,1	90	99	66	657
Caluma	Bolívar	350	2.912	205	23,7	31	17,3	88	99	65	
Camposano	Manabí	220	1.224	274	25,2	33,5	17,6	88	97	64	1.106,40
Cariamanga	Loja	1.960	1.190	278	17,8	26,4	9	85	98	63	2.046,50
Cayapas	Esmeraldas	75	3.491	93	26	30,5	19,1	88	99	70	
Chone	Manabí	40	1.292	232	25,4	33,7	20,1	85	99	59	981,7
El Carmen	Manabí	250	2.844	114	24,1	31,6	19,6	86	100	60	
El Corazón	Cotopaxi	1.560	3.001	148	18,3	23,3	13,9	96	100	87	
Gualaquiza	Morona Santiago	750	1.922	108	22,5	32,5	15,1	87	100	53	
Guayaquil Aeropuerto	Guayas	5	1.067	252	26,1	34,1	24	72	92	48	
Ingenio San Carlos	Guayas	35	1.525	240	24,6	31,8	20	83	98	60	734
Jama	Manabí	5	777		25,6	32	19,4	88	99	66	1.061,90
Julcuy	Manabí	240	434	300	24,8	32,5	16,9	89	99	67	1.333,00
La Concordia	Pichincha	360	3.228	104	24,2	32,4	19,1	86	99	59	751,6
Malacatos	Loja	1.500	676	293	20,1	31	7,1	91	100	69	
Milagro	Guayas	13	1.325	252	25,4	33	19,7	79	97	54	992,1
Naranjal	Guayas	50	791	311	25,4	34,1	18,9	92	99	69	
Nuevo Rocafuerte	Orellana	265	2.932	130	25,4	33,8	19,8	88	99	57	1.467,10
Pagua	El Oro	30	1.409	172	24,7	31,5	19,2	90	99	69	
Pedernales	Manabí	20	1.000		25,5	30	19,1	85	97	69	
Pichilingue	Los Ríos	120	2.094		25	33,5	19,4	83	99	57	859,7
Playas Gral. Villamil	Guayas	6	425		24,8	29,5	17,5	79	95	63	
Portoviejo	Manabí	48	466	278	25,2	34,2	19,2	78	98	50	1.415,10
Puerto Ila	Pichincha	260	2.744	90	24,2	31,9	18,9	90	100	68	667
Puyo	Pastaza	960	4.529	55	21	29,5	13,7	90	100	60	1.010,10
Quinindé	Esmeraldas	120	2.310	176	25,2	32,3	20	88	98	73	770,5
Sangay	Morona Santiago	880	2.009	129	21,6	29,9	14,1	87	98	61	1.033,70
Tena	Napo	665	4.349		24,2	32,2	17	83	99	53	
Vilcabamba	Loja	1.560	824	248	20,7	31	11,1	75	98	44	
Zaruma	El Oro	1.150	1.582	179	21,8	31,6	15,1	88	99	56	

Clasificación de los Climas del Ecuador

Según la clasificación de Köppen (IGM 1995), 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 inferior a 500 mm/año, 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 y una precipitación superior a 1.000 mm/año, bien distribuidos.

Tropical Monzón.- Posee las mismas características de temperatura del clima tropical húmedo, con una estación seca de Junio a Noviembre y una precipitación anual entre 1.000 y 2.000 mm. Este clima es el más apropiado para el cultivo de café arábigo.

Clima Tropical Sabana.- Se acentúa la escasez de agua entre Junio y Noviembre; la lluvia anual es de 500 a 1.000 mm. Este tipo de clima tiene limitaciones hídricas.

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.- Se caracteriza por tener una temperatura media que fluctúa alrededor de los 8 grados centígrados. La precipitación anual varía entre 1.000 y 2.000 milímetros.

Clima Mesotérmico Semihúmedo/Seco.- Son más frecuentes en la Región Interandina y se caracterizan por temperaturas irregulares, siendo más elevadas en los meses de Marzo y Septiembre. En el clima Mesotérmico seco, la temperatura fluctúa de 18 a 22°C, con poca variación entre verano e invierno; siendo la precipitación anual inferior a los 500 mm/año.

En la Figura 9, se presenta el mapa de climas del Ecuador según Köppen (IGM 1995) y una relación con las áreas cafetaleras (Duicela y Corral 2009) que constituye una referencia de las condiciones de clima de las diferentes zonas cafetaleras.

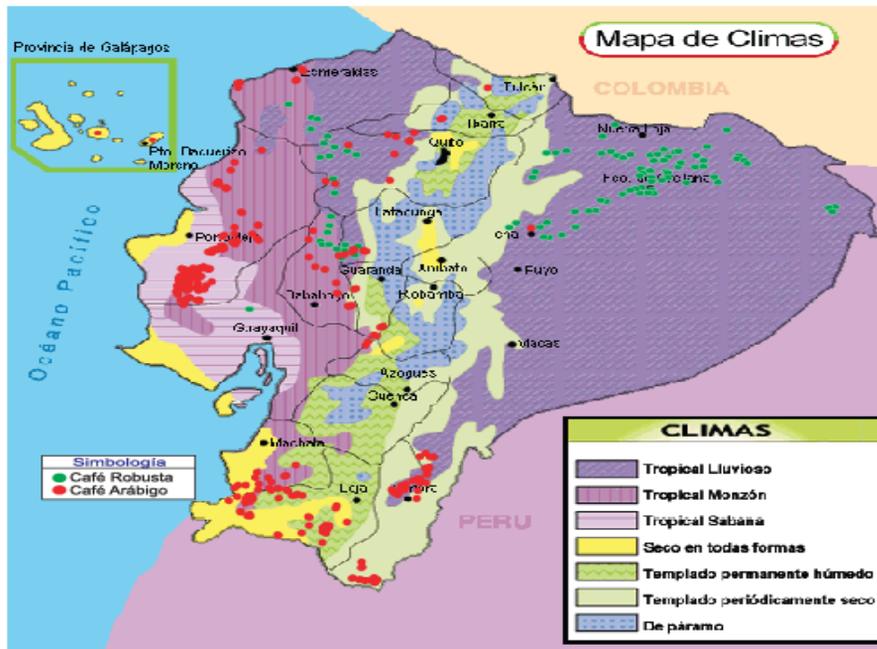


Figura 9. Clasificación de los climas del Ecuador, según Köppen (IGM 1995).

1.2.3. Fisiografía de las zonas cafetaleras

La fisiografía o geografía física se refiere al paisaje y posición geográfica de una localidad cafetalera, que resulta de la interrelación dinámica entre los componentes biótico y abiótico; así como, por la acción del hombre (factor antropogénico).

Este factor ambiental está determinado por la altitud y latitud; por los elementos florísticos y faunísticos y sus complejas interrelaciones; y, por las acciones antrópicas como: deforestación, quema, contaminación, uso de maquinaria para el laboreo del suelo y uso de insecticidas, fungicidas, herbicidas u otros agroquímicos.

Una primera característica fisiográfica del Ecuador es su posición en la mitad del mundo; en el Hemisferio Occidental, al Noroeste de América del Sur. Su territorio continental está entre las latitudes 01° 27' 06" N y 05° 00' 56" S; de longitud 75° 11' 49" W a 81° 00' 40" W. Las Islas Galápagos se encuentran a 1.000 km de la costa ecuatoriana, sobre la línea ecuatorial (Latitud 0°), ligeramente hacia la latitud sur 1° S; y en la longitud occidental de 89 a 92° W.

En el Ecuador se distinguen cuatro regiones fisiográficas, dentro de las cuales se identifican unidades menores, considerando varios parámetros ambientales. Las regiones fisiográficas son: La zona andina, la zona sub-andina, el piedemonte andino y la llanura aluvial amazónica. Las zonas más aptas para cultivar café arábigo están ubicadas en el piedemonte andino.

Se cultiva café arábigo en todos los cantones de la provincia de Manabí, con excepción de los cantones Jaramijó, Tosagua y Rocafuerte; destacándose en superficie cultivada los cantones Jipijapa, Paján, 24 de Mayo, Portoviejo, Santa Ana, Pichincha, Junín y Bolívar. También se cultiva café arábigo en las estribaciones orientales y occidentales de la cordillera Chongón Colonche que comprende varias áreas de las provincias de Santa Elena y Manabí.

Se hace caficultura en todas las provincias de la sierra, en las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes, desde la provincia del Carchi (Norte) hasta la provincia de Loja (Sur), con excepción de la provincia de Tungurahua donde oficialmente no se cultiva café.

En las estribaciones surorientales de Los Andes, en varias localidades de las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago se desarrolla rápidamente la caficultura, basada en la extraordinaria aptitud agroecológica que poseen para cultivar café arábigo.

Cabe destacar que también se cultiva café arábigo en algunos valles del callejón interandino que tienen ambientes abrigados como el Valle de Yunguilla (Azuay), el Valle de Guayllabamba (Pichincha) y el Valle del Chota (Imbabura); así como, en las Islas Galápagos.

En consecuencia, se hace caficultura en muchos territorios, de amplia diversidad en suelos, climas, fauna y flora; incorporándolos a los procesos de producción y transformación a distintos pueblos y grupos humanos.

LITERATURA CONSULTADA

- Alvim, P. de T; Kozlowski, TT, eds. 1977. *Ecophysiology of Tropical Crops*. New York, Academic Press. p. 249-278.
- Castillo, E; Arcila, J; Jaramillo, A; Sanabria, J. 1997. Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar de *Coffea arabica*. *Cenicafé* 48 (3): 182-194.
- 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. 110 p.
- Enríquez, G. 1993. *Ecofisiología del Cultivo*. In *Manual del Cultivo del Café*. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 28-41.
- Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. *Guía para la Caficultura Ecológica*. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
- Guharay, F; Monterrey, J; Monterroso, D; Staver, Ch. 2000. *Manejo integrado de plagas en el cultivo del café*. Managua, NI, CATIE. 272 p.
- Haarer, AE. 1984. *Producción Moderna de Café*. Ed. L Hill. Trad. M Godínez. 2 ed. rev. México, Editorial Continental. p. 85-116.
- IGM (Instituto Geográfico Militar, EC). 1995. *Atlas Universal y del Ecuador*. Quito, EC. 119 p.
- Iñiguez, M. 1999. *Manejo y Conservación de suelos y aguas*. Gráficas Cosmos. Loja, EC. 352 p.
- 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.
- McFarlane, WL. 1949. *Some factors affecting growth and yield of coffee*. Tesis Mag. Agr. Turrialba, CR, IICA. 62 p.
- Nunes, MA; Bierhuizen, JF; Ploegman, C. 1968. *Studies on the productivity of coffee. I Effect of Light, Temperature and CO2 Concentration on Photosynthesis of Coffea arabica*. *Acta Bot. Neerl.* 17:93-101.
- Unda, E. 1963. *Nociones de Hidrología*. Loja, EC. 95 p.
- Valencia, G. 1988. *Manual de Nutrición y Fertilización del café*. Quito, EC. INPOFOS. 61 p.

2. MEJORAMIENTO DE LA FINCA CAFETALERA

El manejo sostenible de las fincas cafetaleras es un proceso dinámico de mejora continua de la unidad agroproductiva orientado a incrementar la productividad y calidad del café y a conservar los recursos naturales y biodiversidad, como condiciones básicas para asegurar el bienestar de la familia.

Un proceso de cambio se inicia en base del conocimiento de la situación en el punto de partida o línea de base, para lo cual es indispensable hacer un diagnóstico agro productivo, rediseñar la estructura productiva, planificar las inversiones, gestionar los recursos para la implementación de los cambios, analizar los costos y beneficios, disponer de documentación e información sobre los mercados potenciales, entre otros aspectos (COFENAC 2007).

La planeación y ejecución de las diferentes acciones tienen que orientarse a mejorar el desempeño económico de las fincas cafetaleras, buscando ventajas comparativas en productividad y calidad (Foto 1).



Foto 1. Reflexionar sobre la situación presente y planificar el porvenir.

2.1. DIAGNÓSTICO DE LA FINCA

El diagnóstico es una herramienta de trabajo que permite al productor conocer como está estructurada la unidad productiva; determinar las características de los lotes de producción agrícola y pecuaria; establecer la disponibilidad de mano de obra e infraestructura; además, hay que detallar los aspectos sociales, ambientales y de seguridad alimentaria de la familia.

Datos generales.- Se relaciona con los datos del caficultor, las características agroclimáticas del área, la distribución de lotes, el mapa o croquis de la finca, los mapas de suelos, la cantidad de lluvia caída, el número de horas sol, entre otras informaciones. Una parte de estos datos puede obtenerse en las estaciones meteorológicas del INAMHI, en las bases de datos del Sistema de Indicadores Sociales y Ambientales (SIISE), en las dependencias del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) o de los Gobiernos Locales, entre otras fuentes.

Historia de lotes de producción.- Se detallan las prácticas culturales empleadas, los datos históricos de producción por lotes, las características del suelo y el uso de materiales e insumos.

Producción pecuaria de la finca.- Se describen las especies de animales, la cantidad, tipo de alimentación y el manejo pecuario a nivel de la finca.

Infraestructura.- Se describe la disponibilidad de despulpadoras, tanques de fermentación, infraestructura para el secado y almacenamiento, medios de transporte, entre otros aspectos.

Aspectos ambientales.- Se refiere al uso de los recursos naturales existentes en la finca; así como, el manejo de basuras y residuos orgánicos.

Aspectos sociales.- Se refiere a la mano de obra familiar disponible, el nivel de escolaridad, las formas de asociatividad y relacionamiento con la comunidad, entre otros elementos.

Una herramienta de diagnóstico de la finca es el "Análisis estacional", donde se evalúan distintas variables en función del tiempo y las circunstancias.

En la Figura 10, se expone un modelo de "Análisis estacional" donde se incluye una curva de precipitación, la disponibilidad de mano de obra familiar (Ho= hombre, Mu= mujer, Hi= hijo); la necesidad de contratación de jornaleros (Jo); el calendario de asistencia a clases de los hijos y la época de cosecha del café.

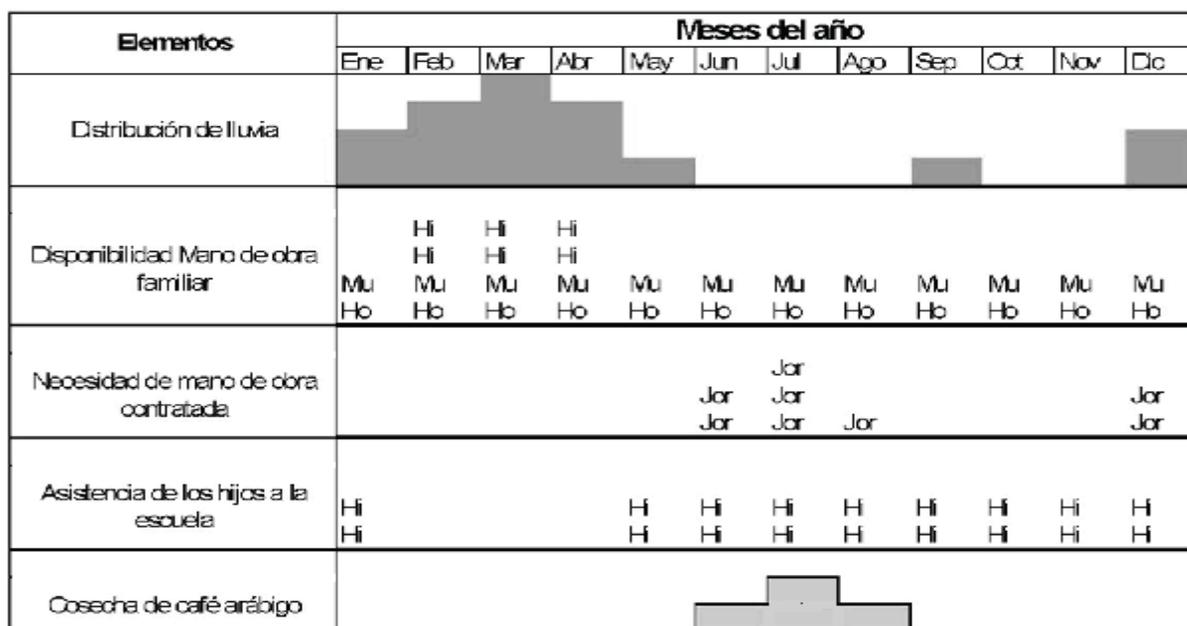


Figura 10. Análisis estacional de la situación de una finca cafetalera.

2.2. LA PLANIFICACIÓN DEL MEJORAMIENTO DE LA FINCA

El plan de mejoramiento de la finca se orienta a la definición de actividades agropecuarias o buenas prácticas agrícolas y a su aplicación cotidiana para poder elevar la producción y productividad; y, a través de aquello, mejorar los ingresos económicos y condiciones de vida de la familia (Duicela 2011).

La definición del agricultor de continuar produciendo café convencional o decidir por la producción de café orgánico, implica rediseñar la finca y planear el trabajo por lotes, en forma cronológica, considerando los detalles en el manejo de los cultivos y la asignación de los recursos económicos necesarios.

Los principales componentes de un plan de mejoramiento de la finca cafetalera son los siguientes: renovación y rehabilitación de cafetales, transición al orgánico, diversificación y preservación de los recursos naturales (Duicela 2011).

Los cafetales viejos e improductivos tienen que ser sustituidos por nuevas plantaciones de café, usando variedades mejoradas y tecnología apropiada. Los cafetales con cierto potencial de producción, buen vigor vegetal y adecuado estado fitosanitario, de hasta 15 años de edad, deben ser sometidos a la rehabilitación y manejo intensivo para recuperar su capacidad de producción o la adecuada transición a cultivos limpios.

Para asegurar la sostenibilidad de la finca, además, hay que diversificar los sistemas de producción, organizar un eficiente aprovechamiento de la mano de obra familiar; integrar los componentes agrícola, pecuario y agroforestal; planear los calendarios de actividades, gestionar los recursos financieros, documentar todas las actividades y registrar contablemente, con documentos, los egresos e ingresos.

Una herramienta para diagnosticar la situación inicial de la finca es la elaboración gráfica del "mapa actual" que debe complementarse con otra herramienta gráfica de planificación que es el "mapa futuro".

En la Figura 11, se indica el mapa actual (*un elemento del diagnóstico*) y mapa futuro de la finca (*un elemento de la planificación para un período, por ejemplo: 5 años*). En la primera etapa se determinan los objetivos de la familia, se planifican las acciones detallando los tiempos y las inversiones requeridas. Se proyecta implementar las acciones con eficiencia, se sistematizan las experiencias, se evalúan los resultados productivos y económicos; se replantea la próxima etapa de mejora continua de la finca.

La tecnificación de la caficultura es parte de la mejora continua de la finca, basado en un enfoque integral, conservacionista y de alta productividad (Foto 2).

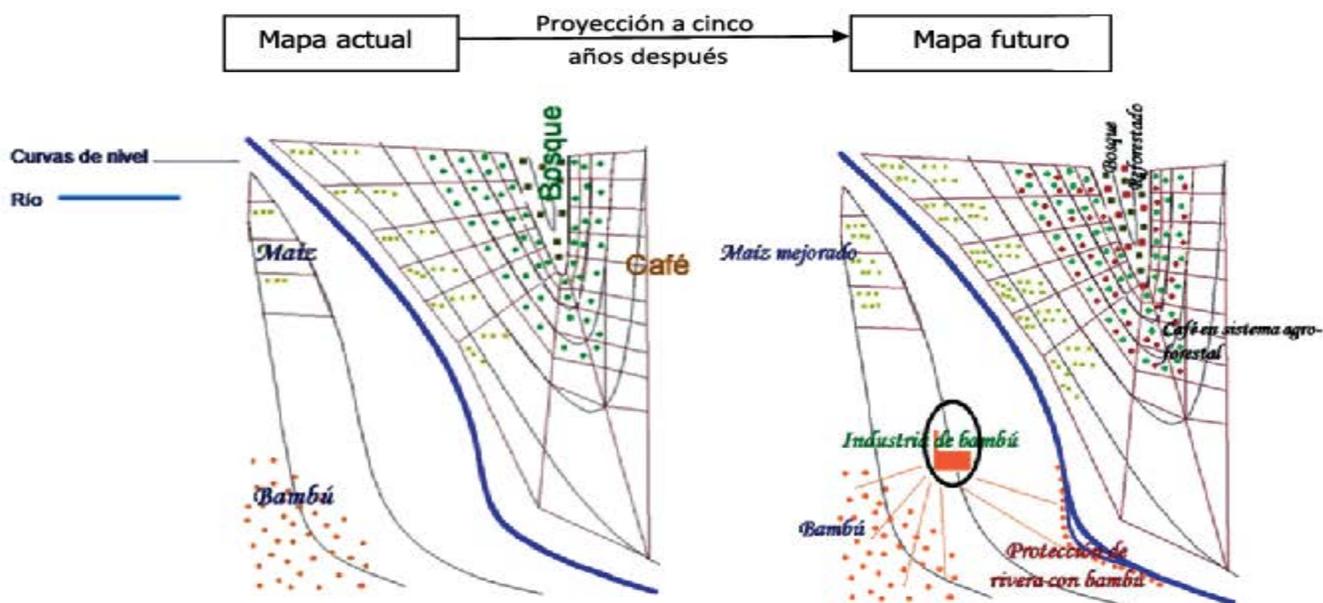


Figura 11. Mapa actual y proyección en un horizonte de cinco años.



Foto 2. La tecnificación de los cafetales es parte de la mejora continua de la finca.

2.3. LA DOCUMENTACIÓN Y REGISTROS DE LAS ACTIVIDADES

El manejo de documentación y registros permite verificar y evaluar el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias, según lo planificado; así como, analizar los costos y beneficios de la caficultura. Sin registros y sin análisis de costos y beneficios no es posible conocer si la gestión de la finca es o no rentable. Por lo tanto, es indispensable que los caficultores lleven registros contables de las actividades que se realizan en la unidad productiva para estimar sus egresos e ingresos y analizar su estado financiero, lo que permite analizar y reprogramar las actividades.

Los principales documentos que debe tener un productor, siempre disponibles y actualizados, son: Ficha de diagnóstico de la finca, contratos del productor con la organización o con el exportador, detalle de las tecnologías de producción, plan mensual de actividades de la finca, registro mensual de actividades de la finca, registros de las inversiones, registros de ingresos y ventas, registro de compras e inventario de bodega (Duicela *et al.* 2009).

2.3.1. Ficha de diagnóstico de la unidad productiva

La ficha de diagnóstico es una de las herramientas que le permite al caficultor detallar la estructura agroproductiva al inicio de la intervención, conteniendo básicamente los siguientes datos:

- Nombre del agricultor.
- Ubicación geográfica.
- Número de lotes y su extensión.
- Cultivos de la finca por lotes. Si son muchos, al menos los más importantes.
- Área de cada cultivo y las prácticas culturales que se aplican.
- Otra información relevante: fechas de riego, curvas de nivel, drenajes, caminos, otras instalaciones, especies forestales protectoras contra el viento.
- Cosecha y poscosecha.

2.3.2. Contratos o compromisos adquiridos por el productor

El contrato es el documento escrito que firman el caficultor y el representante de la organización a la que pertenece, indicando los compromisos entre ambas partes para tecnificar la caficultura.

Si el productor tiene contratos con los compradores de café o con los exportadores, deben estar definidos los compromisos relacionados con la mejora de la productividad, los volúmenes de producto, las especificaciones de calidad y los plazos de entrega.

2.3.3. Tecnologías de producción

El productor debe tener por escrito, en forma detallada, las alternativas tecnológicas que aplica en los cafetales y en la finca, señalando con exactitud las labores de cultivo en las diferentes etapas fenológicas, los insumos a utilizar, las dosis, formas y épocas específicas de aplicación (Duicela *et al.* 2012).

El productor debe detallar las prácticas de conservación del suelo, la protección de las fuentes de agua, el proceso de preparación de abonos orgánicos, el manejo de los problemas fitosanitarios y malezas (insectos, hongos, bacterias, nematodos y malas hierbas); así como, las otras labores de cultivo: podas, regulación de sombra, riego, cosecha y poscosecha.

Las normas internas de producción y poscosecha definen las prácticas mínimas necesarias para la gestión técnica de la finca. Cuando se trata de la producción orgánica certificada, las normas internas constituyen una condición básica que debe estar enmarcada en los principios de la agricultura orgánica.

2.3.4. Actividades de manejo de la finca

En el plan para manejar la finca deben definirse y calendarizarse las actividades para el corto, mediano y largo plazos. Un plan de mejoramiento de la finca debe contener la propuesta de renovación o rehabilitación de plantaciones, las metas de diversificación de los sistemas productivos, incluida la producción pecuaria; así como las acciones para contribuir a la preservación de los recursos naturales y biodiversidad.

El cultivo de café por tener una cosecha estacionaria, solo provee de ingresos a las familias de los caficultores durante tres meses del año y los nueve meses restantes, prácticamente, no tienen ingresos por el café y dependen de la venta de otros productos (Duicela *et al.* 2012).

Los cultivos de ciclo corto son aquellos que se siembran para obtener una sola cosecha porque después las plantas envejecen y mueren. El ciclo vegetativo de estas especies normalmente es menor a un año. Entre los cultivos de ciclo corto que deben utilizarse se encuentran: maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), maní (*Arachis hipogaea*), ajonjolí (*Sesamum indicum*), fréjol (*Phaseolus spp.*) y otros.

Los frutales constituyen otra alternativa de diversificación en las fincas. Por su lento crecimiento se pueden intercalar con otras especies, lo que permite aprovechar eficientemente el suelo y obtener significativos ingresos. Los frutales también representan un elemento muy importante para el entorno, ya que de sus frutos se alimentan muchas aves, insectos y otros animales silvestres. Es preferible que la siembra sea antes o simultáneamente con el café. Las especies frutales que se pueden establecer en las fincas son: papaya (*Carica papaya*), cítricos (*Citrus spp.*), aguacate (*Persea americana*), bananos y plátanos (*Musa*, AAA, BBB o AAB), guanábana (*Annona muricata*), guayaba (*Psidium guajava*), maracuyá (*Pasiflora edulis*), entre otras.

En los linderos internos que delimitan los lotes de la finca, así como en los linderos externos que delimitan con las fincas vecinas, deben sembrarse árboles maderables, tales como: teca (*Tectona grandis*), laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrella odorata*), amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), fernansánchez (*Triplaris cumingiana*) y de servicios ambientales tales como la guaba de machete (*Inga guachapele*), eritrinas (*Erythrina sp.*), gliricidia (*Gliricidia sepium*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), aliso (*Alnus acuminata*), algarrobo (*Prosopis sp.*), faique (*Acacia machrantha*), entre otras especies.

En el Cuadro 3, se indica un cronograma referencial de actividades para el manejo del cafetal durante los primeros 42 meses de edad.

Cuadro 3. Cronograma de actividades para el establecimiento y manejo del cultivo de café hasta los 42 meses de edad.

ACTIVIDADES	Crianza de plántulas						Etapa de crecimiento: 18 primeros meses desde el establecimiento																		
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Crianza de plántulas en semilleros y viveros																									
Toma de muestras de suelo para análisis químico																									
Establecimiento de plantaciones de café																									
Aplicación de enmiendas al suelo (cales, yeso, estiércoles)																									
Fertilización de fondo al trasplante																									
Fertilización química del cafetal																									
Resiembra de los cafetos																									
Establecimiento y manejo de la sombra temporal (Plátano)																									
Establecimiento y manejo de los árboles de sombra (guaba)																									
Asociación temporal: maíz, maní, frijol																									
Establecimiento de sombra provisional (guandú)																									
Repique de la sombra provisional																									
Riego																									
Control manual de malezas																									
Control químico de malezas																									
Control químico de enfermedades foliares																									
Poda de los cafetos (desbrote)																									
Control etológico de la broca del fruto																									
	Inicio de la etapa de producción:																								
ACTIVIDADES	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Primera cosecha del cafetal																									
Beneficio y secado del café																									
Control manual de malezas																									
Fertilización química del cafetal																									
Aplicación de enmiendas al suelo (cales, yeso, estiércoles)																									
Manejo de la sombra temporal (Plátano)																									
Manejo de los árboles de sombra (guaba)																									
Repique de la sombra provisional (guandú)																									
Riego																									
Control manual de malezas																									
Control químico de enfermedades foliares																									
Control etológico de la broca del fruto																									
Podas de mantenimiento (desbrote y sanitaria)																									
Cosecha, beneficio y secado																									

Dependiendo del tamaño de la finca cafetalera, debe integrarse la producción pecuaria como un componente de la finca. La cría de bovinos es una opción en fincas de tamaño mediano y grande. Cuando las fincas son pequeñas, se puede criar animales como: cabras, cerdos, gallinas, cuyes, conejos, entre otras especies.

La siembra de las plantas medicinales, ornamentales, aromáticas y especias permite aprovechar eficientemente pequeños espacios de terreno. Las especies que se pueden manejar en la finca son: almizclillo (*Hibiscus sp.*), hierba buena (*Mentha sativa*), malva (*Malva sp.*), ruda (*Ruta graveolens*), orégano (*Origanum vulgare*), orquídeas (*Catleya sp.*), entre otras.

2.3.5. Registro de ingresos y ventas

Los documentos en los que se registran los ingresos o entradas de dinero por la venta de los productos agropecuarios deben estar siempre actualizados. El principal documento es la factura o nota de venta, en el que se registra la cantidad del producto vendido, el valor unitario (US\$), el valor total (US\$), la fecha de venta y la persona natural o jurídica a quien se vende el producto.

2.3.6. Registro de compras e inversiones

En estos documentos se registran los egresos monetarios efectuados por el caficultor para la adquisición de insumos, herramientas y las actividades que causen gastos en los procesos productivos de la finca. Las nota de venta y las facturas son los documentos que sustentan los costos de una actividad. En estos documentos se detallan el producto adquirido, la cantidad del producto, su valor unitario (US\$), su valor total (US\$), la fecha de compra y el nombre de la persona natural o jurídica (casa comercial) a quien se adquiere el producto (Duicela *et al.* 2009).

Un registro diario del uso de la mano obra, familiar o contratada, que detalle las tareas cumplidas en las diferentes actividades y tareas, también contribuye a evaluar la inversión, los costos de producción y los beneficios netos.

LITERATURA CONSULTADA

- COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC). 2007. Proyecto "Reconversión de Pequeñas Fincas Cafetaleras en Unidades Agropecuarias Auto sostenibles" (en línea). Fondo Común de los Productos Básicos, Organización Internacional del Café, Ecuador. Consultado 30 jul. 2011. Disponible en <http://www.cofenac.org/refinca/proyecto.htm>
- Duicela Guambi, LA; Corral Castillo, R; Fernández Anchundia, F. 2009. Cuaderno de Planificación y Registros de la Finca. Manta, EC, COFENAC. 50 p.
- Duicela Guambi, LA. 2011. Manejo sostenible de fincas cafetaleras: Buenas prácticas en la producción de café arábigo y gestión de la calidad en las organizaciones de productores. Manta, EC, COFENAC. p. 201-257.
- Duicela, LA; Corral, R; Palma, R. 2012. Las estrategias utilizadas para la reconversión de pequeñas fincas cafetaleras en unidades agropecuarias autosostenibles, en el Ecuador: Sistematización de Experiencias. Portoviejo, EC, COFENAC, ANECAFE, CFC, ICO. 40 p.

3. BOTÁNICA, ESPECIES Y VARIETADES DE CAFÉ

El cafeto es el nombre que identifica a las plantas del género *Coffea* y está constituido por 103 especies², todas diploides y alógamas con excepción de *Coffea arabica* que es tetraploide y autógena. El origen de todas estas especies es el continente africano y la región de Madagascar (Eskes 1989).

3.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL CAFÉ

La clasificación taxonómica del cafeto, se indica en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Clasificación botánica del café.

Reino:	Vegetal
Subreino:	Angiosperma
División:	Magnoliophyta
Clase:	Dicotiledónea
Subclase:	Asteridae
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiaceae
Género :	<i>Coffea</i>
Especies:	<i>Coffea arabica</i> L.
	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner
	<i>Coffea liberica</i> Hiern
	<i>Coffea congensis</i> Froehner
	<i>Coffea eugenioides</i> Moore
	<i>Coffea dewevrei</i> De Wild.& T. Durand
	<i>Coffea stenophyla</i> G. Don
	<i>Coffea racemosa</i> Lour
	<i>Coffea kapakata</i> (A. Chev.) Bridson
	<i>Coffea brevipes</i> Hiern.
<i>Coffea pseudozanguebariae</i>	

Fuente: Eskes 1989, Monroig s.f.a.

². Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 2010. Historia del café. Consultado 15 oct. 2013. Disponible en http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_cafe/

Las especies genéticamente más próximas a *Coffea arabica* son: *Coffea canephora*, *Coffea liberica*, *Coffea congensis*, *Coffea eugenioides* y *Coffea dewevrei*. Las especies más alejadas del café arábigo son: *Coffea stenophyla*, *Coffea racemosa*, *Coffea kapakata* y *Coffea brevipes* (Eskes 1989).

Una característica importante del género *Coffea* es que la mayor parte de las especies contienen cafeína en sus semillas. La especie *Coffea salvatrix* contiene poca cafeína (0,2%) y la única especie africana conocida que no contiene el referido alcaloide es *Coffea pseudozanguebariae* (Eskes 1989).

3.2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL CAFÉ ARÁBIGO

El café arábigo reúne un conjunto de características fenotípicas y genéticas que lo distinguen de las demás especies de café (Cuadro 5).

Cuadro 5. Características biológicas de *Coffea arabica*.

CARACTERÍSTICAS	CAFÉ ARÁBIGO
Tipo de planta	Arbusto
Copa	Piramidal abierta o compacta
Sistema radical	Raíz pivotante con raíces laterales y raicillas
Tallo	Eje ortotrópico monocaule y a veces multicaule.
Ramas	Ramas plagiotrópicas primarias, secundarias y terciarias
Hojas	Elípticas, oblongas y a veces lanceoladas
Inflorescencias	2 a 3 glomérulos por axila de la hoja
Flor	Hermafrodita, formada por cáliz, corola, estambres y pistilo.
Fruto	Drupa elipsoidal, formada por el epicarpio (cáscara), mesocarpio, endocarpio (pergamino) y endospermo (semilla)
Semilla	Formada por el endosperma y el embrión. El endosperma está cubierto por una fina membrana llamada película plateada
Contenido de cafeína (en % de materia seca)	0,60 - 1,80
Fecundación	Autógama
Estructura genética	Tetraploide
Nº. Cromosomas	2n = 44

Fuente: Charrier y Berthaud 1985, IBC 1981, Monroig s.f.b.

3.2.1. Raíz

El sistema radical o raíz es un órgano que sirve de sostén y a través del cual, el cafeto toma el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y producción.

El cafeto tiene una raíz pivotante principal que penetra verticalmente en el suelo hasta una profundidad de 50 centímetros o más (PROCAFÉ s.f.); de ésta salen las raíces secundarias y terciarias que se extienden horizontalmente, ayudando al anclaje de la planta, y de las cuales emergen las raicillas.

Las raicillas del cafeto son bastante superficiales y se encargan de tomar el agua y los nutrientes minerales esenciales (Monroig s.f.b). En los primeros 10 centímetros de profundidad del suelo se encuentra más de la mitad del sistema radical.

3.2.2. Tallo y ramas

El cafeto es un arbusto formado por un tallo central que termina en una yema apical u ortotrópica (PROCAFÉ s.f.). El café arábigo tiene un solo tallo (monocaula) y a veces tiene un comportamiento multicaule (múltiples tallos).

El tallo y las ramas primarias forman el esqueleto del cafeto. El tallo principal o eje ortotrópico crece verticalmente y de él emergen otros tallos ortotrópicos secundarios conocidos como chupones o brotes. Las ramas primarias, secundarias y terciarias conforman los ejes plagiotrópicos. En el tallo principal se encuentran las yemas que dan origen a las ramas primarias (plagiotrópicas) y a los brotes ortotrópicos (Monroig s.f.b).

En las ramas se encuentran adheridas las hojas. En la axila que forma la hoja con la rama primaria están las yemas vegetativas (originan las ramas secundarias) y las yemas florales. En las ramas secundarias existen yemas que originan ramas terciarias y flores.

3.2.3. Hojas

La hoja es un órgano fundamental en la planta porque en ella se realizan los procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración. Las hojas se forman en los nudos de las ramas y en la parte terminal del tallo o yema apical (PROCAFÉ s.f.).

Las hojas tienen una longevidad aproximada de un año (Sotomayor y Duicela 1993). La permanencia de las hojas en la planta se reduce a causa de la sequía, de las altas temperaturas y de una mala nutrición. Se puede aumentar el crecimiento de ramas y hojas con la aplicación de fertilizantes, las podas, las deshierbas y un aumento de luminosidad dentro del cafetal.

Las hojas tiernas del cafeto, que inician su formación en las yemas apicales del tallo y de las ramas, varían en su coloración entre verde y bronceado, de acuerdo a la variedad.

3.2.4. Flores

La flor es hermafrodita, esto significa que contiene los órganos masculino y femenino. Las partes de la flor son: cáliz, corola, estambres y pistilo. El cáliz está conformado por sépalos o pequeñas hojas que cubren la corola. La corola es un pequeño tubo cilíndrico, insertado dentro del cáliz, que termina en cinco pétalos de color blanco (Monroig s.f.b).

Los estambres son pequeños filamentos que en su extremo superior contienen las anteras, generalmente en número de cinco, ubicados hacia las uniones de los pétalos. Las anteras se abren longitudinalmente para dejar caer los granos de polen sobre el estigma y fecundar el ovario (Sotomayor y Duicela 1993).

El pistilo es el órgano femenino de la flor y está compuesto por el ovario, el estigma y el estilo. El ovario se ubica en la base del pistilo, es de forma globosa y contiene dos células llamadas óvulos que al ser fecundadas producen las semillas. El estilo es un tubo fino y largo que conecta el estigma con el ovario. La autofecundación ocurre cuando el ovulo es fecundado por el polen de la misma flor.

El proceso de formación de las flores ocurre en las siguientes etapas:

- Iniciación floral y diferenciación.
- Un corto período de latencia.
- Renovación rápida del crecimiento del botón floral.
- Apertura de las yemas florales.

Al igual que la mayoría de especies de la familia Rubiaceae, la disposición floral del café es distal o sea en grupos separados de yemas, que brotan en los nudos a lo largo de las ramas laterales. El inicio y crecimiento de la flor depende de la presencia de agua en el ambiente (mínimo 10 mm de lluvia), de temperaturas entre 20 y 25°C y de reguladores de crecimiento vegetal u hormonas. El café es una planta autógama donde ocurre del 90 al 95% de autofecundación (PROCAFÉ s.f.).

3.2.5. Frutos

La fecundación es la unión del grano de polen con el óvulo, formando el cigoto que da origen al fruto. El tiempo que transcurre entre la fecundación y la maduración del fruto, según las condiciones agroecológicas, varía de 210 a 230 días. El fruto del café es una drupa elipsoidal que está formado por el epicarpio (cáscara), mesocarpio, endocarpio (pergamino) y endosperma o semilla (Monroig s.f.b).

En el desarrollo del fruto se distinguen las siguientes fases:

De la fecundación a la sexta semana.- Hay poco crecimiento en tamaño y peso del fruto.

De la sexta a la décima sexta semana.- Hay un crecimiento rápido en peso y volumen, el grano se hace lechoso, se necesita suficiente agua para evitar la "purga" o caída de los frutos.

De la décima sexta a la vigésima séptima semana.- El crecimiento exterior del fruto es reducido, pero hay una alta demanda de nutrientes; empieza a endurecerse la almendra. La falta de agua en esta fase causa los granos vanos.

De la vigésima séptima a la trigésima o trigésima segunda semana.- En esta fase ocurre la maduración del fruto (Monroig s.f.b). Según las variedades, los frutos maduros pueden ser de color rojo o amarillo y en algunos híbridos tienden a mostrar otras tonalidades.

El tamaño del fruto varía de 10 a 18 milímetros de longitud. El peso promedio de una cereza madura fluctúa entre 1,5 y 2,2 gramos, dependiendo de la variedad y de la nutrición de las plantas. En un nudo puede haber desde pocos frutos (menos de 20) hasta más de 30 frutos, según la variedad. La distancia entre nudos puede variar desde 10 centímetros, aproximadamente, en la variedad Típica, hasta menos de 5 centímetros en las variedades mejoradas.

En la Figura 12, se pueden observar los órganos del cafeto (Monroig s.f.b). En la Foto 3, se indican las diferentes coloraciones de los brotes tiernos, en la Foto 4, se expone la forma de la yema floral y de las flores; y, en la Foto 5, la coloración de los frutos del café.

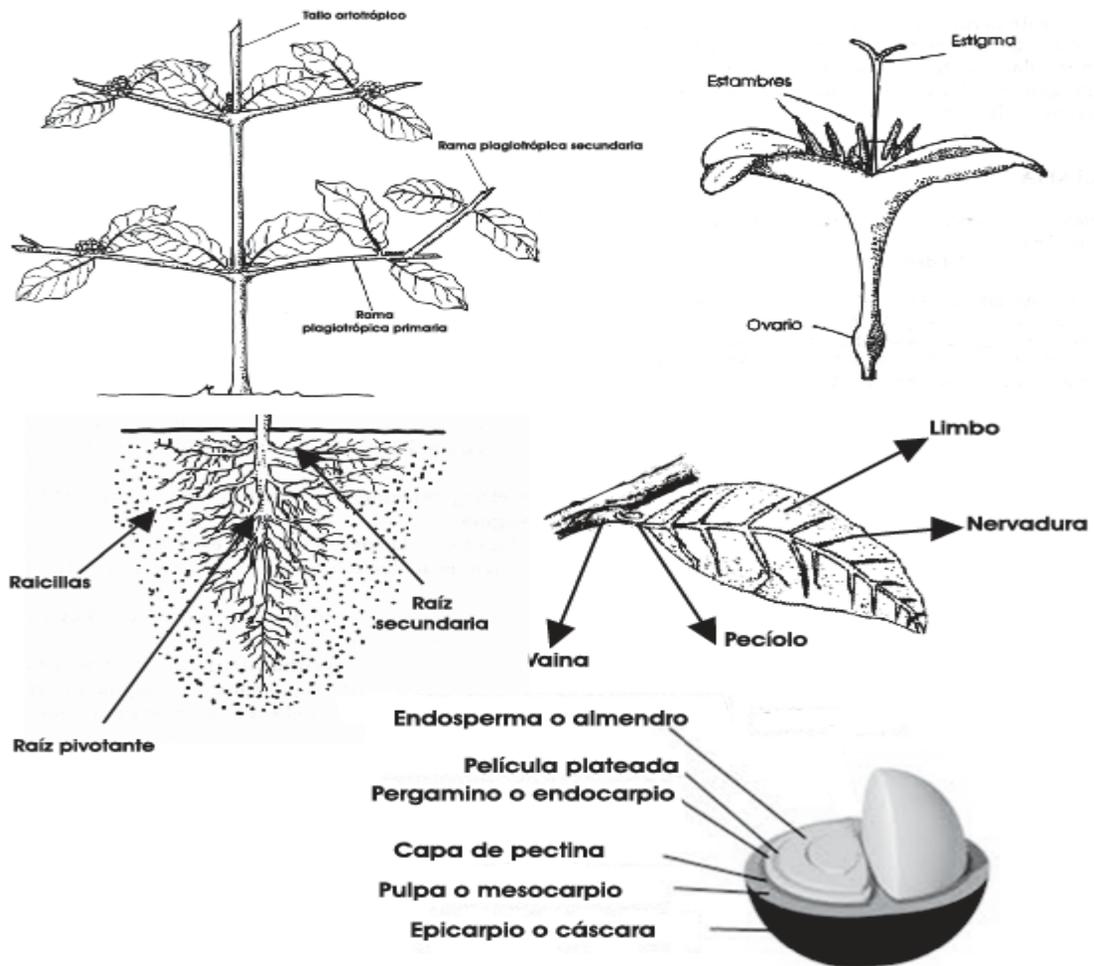


Figura 12. Órganos del cafeto.



Foto 3. Diferentes coloraciones de los brotes tiernos.



Foto 4. Yema floral y flores del cafeto.



Foto 5. Frutos rojos y amarillos de café arábigo.

3.3. VARIEDADES E HÍBRIDOS DE CAFÉ ARÁBIGO

La especie *Coffea arabica* L. es identificada como café arábigo. Está conformada por un conjunto de variedades e híbridos que tienen características agronómicas y productivas diferenciadas. El conocimiento de las características fenotípicas de las variedades e híbridos y de su adaptación a los diversos ambientes, contribuye a tomar decisiones apropiadas, por parte del caficultor, en la perspectiva de establecer nuevos cafetales.

3.3.1. Variedades arábicas puras

En el Ecuador se cultivan las variedades arábicas: Típica, Bourbon, Caturra, Pacas, Mundo Novo, Catuaí, Villalobos, San Salvador, Pache y Geisha.

La relación genética entre las distintas variedades arábicas puras, se indica en la Figura 13.

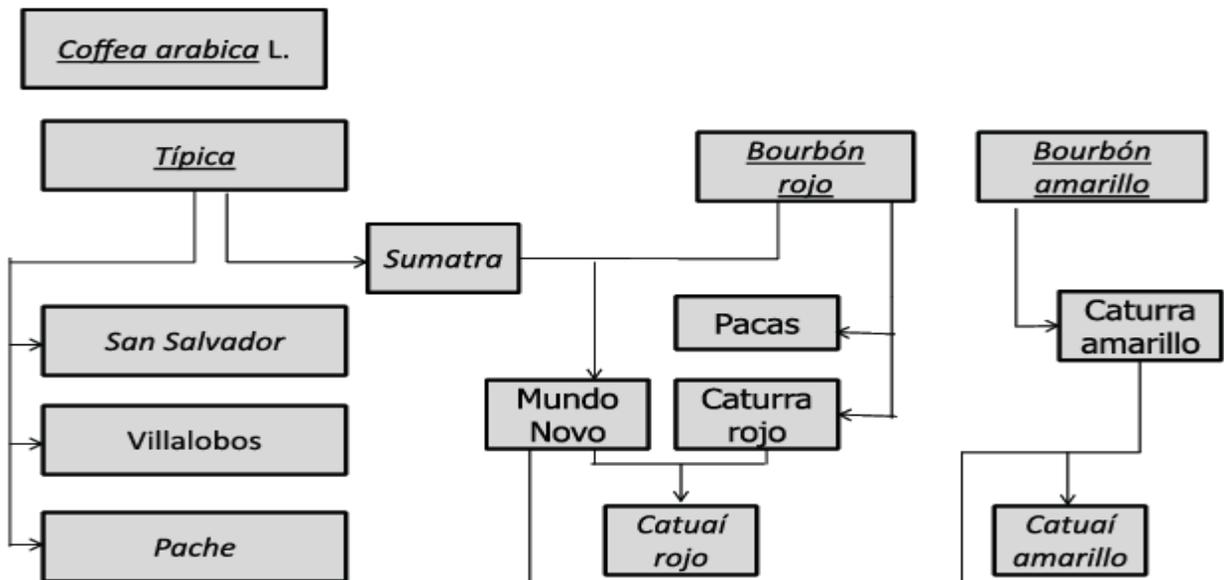


Figura 13. Relación entre las variedades arábicas puras.

Típica

Típica es originaria de Etiopía (África). Es una variedad de porte alto con ramas laterales que forman un ángulo de 50 a 70 grados, respecto del eje ortotrópico (SCAP 2011, Monroig s.f.a).

El color de los brotes tiernos es bronceado oscuro. Los frutos en su estado de madurez son de color rojo. Típica es susceptible a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). De esta variedad se han derivado otros cultivares como: Sumatra, Villalobos, Blue Mountain y Pache. Esta variedad fue introducida al Ecuador en 1830 y empezó a cultivarse en el cantón Jipijapa, provincia de Manabí (Duicela y Sotomayor 1993). La variedad Típica ocupa la mayor área cultivada en el país.

Bourbón

Bourbón es selección de la Isla Reunión, antes llamada Bourbón, situada cerca de Madagascar, al sureste del África. Se caracteriza por ser de porte alto, con ramas laterales que forman un ángulo de 45 grados, respecto del eje ortotrópico (Monroig s.f.a). El color de los brotes tiernos es verde. Por el color de los frutos en su estado de madurez, se clasifica en: *Bourbón rojo* y *Bourbón amarillo* (INIAP 1973).

Las introducciones de las líneas de Bourbón rojo T-2307, T-983 y T 995; y del Bourbón amarillo T- 2540, se realizaron desde el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el germoplasma fue distribuido en el Ecuador por parte del INIAP.

El Bourbón es una variedad susceptible a la roya del cafeto. Fue introducida al Ecuador en 1956 (Duicela y Sotomayor 1993). Del Bourbón se han derivado otras variedades como: Caturra rojo, Caturra amarillo y Pacas.

Caturra

Caturra fue descubierta en el Estado de Minas Gerais, Brasil, considerada como una mutación de la variedad Bourbón (Monroig s.f.a). Caturra es de porte bajo. Las ramas laterales tienden a formar un ángulo de 45 grados, respecto del eje ortotrópico.

El color de los brotes tiernos es verde. Por el color de los frutos en su estado de madurez, esta variedad se clasifica en: *Caturra rojo* y *Caturra amarillo*. Es susceptible a la roya del cafeto (Amores *et al.* 2004). Fue introducida al Ecuador en 1956 (Duicela y Sotomayor 1993).

La línea Caturra rojo T-2308 fue distribuida a los productores, en la década de 1950; posteriormente, se amplió la base genética con otras líneas de Caturra rojo como: T-2542 y C-818; así como el germoplasma de Caturra amarillo T-3386.

Pacas

Pacas es una selección de El Salvador y se considera como una mutación de la variedad Bourbón. Esta variedad es de porte bajo. Las ramas laterales forman un ángulo de 45 grados, respecto del eje ortotrópico (Monroig s.f.a). El color de los brotes tiernos es verde. El color de los frutos en su estado de madurez es rojo. Es susceptible a la roya del cafeto. Se introdujo al Ecuador en 1966 (Duicela y Sotomayor 1993). La introducción y distribución de la variedad Pacas T-2942 la realizó el INIAP.

Mundo novo

Mundo Novo es una variedad descubierta en el Municipio de Mundo Novo, Estado de Bahía, Brasil en 1943 (IBC 1981). Probablemente se originó de un cruce natural entre las variedades Sumatra y Bourbón. Mundo Novo tiene un porte mediano y las ramas laterales forman un ángulo de 45 grados, respecto del eje ortotrópico.

El color de los brotes tiernos varía de verde a bronceado claro. El color de los frutos en su estado de madurez es rojo. Es una variedad susceptible a la roya del cafeto y se introdujo al Ecuador en 1956 (Duicela y Sotomayor 1993).

Catuaí

Catuaí es una variedad resultante del cruce artificial entre las variedades Mundo Novo y Caturra, en 1949, en el Estado de Sao Paulo, Brasil (IBC 1981). Catuaí es de porte mediano con ramas laterales que tienden a formar un ángulo de 45 grados, respecto del eje ortotrópico. El color de los brotes tiernos es verde. Según el color de los frutos en su estado de madurez, se identifican dos cultivares: *Catuaí rojo* y *Catuaí amarillo*. Esta variedad es susceptible a la roya (Monroig s.f.a). Fue introducida al Ecuador en 1976 (INIAP 1976).

Las líneas de Catuaí rojo seleccionadas por el INIAP fueron: UFV-2145-212, UFV-2142-306, UFV-2144-82, UFV-2198-179, UFV-2197 y UFV-2154-368. Con estas líneas seleccionadas se conformó un cultivar multilíneal: Catuaí rojo ECU que ha sido entregado a los caficultores ecuatorianos.

El germoplasma de Catuaí amarillo UFV 2237-377, también se considera como promisorio para algunas zonas cafetaleras del Ecuador.

Villalobos

Villalobos es una variedad seleccionada en Costa Rica, considerada como una mutación de la variedad Típica (INIAP 1973). Se caracteriza por el porte bajo, similar a la variedad Caturra, con ramas laterales que tienden a formar un ángulo de 45 grados, respecto del eje ortotrópico.

El color de los brotes tiernos es bronceado oscuro. El color de los frutos en su estado de madurez es rojo. Los frutos en estado maduro se desprenden con facilidad. Es susceptible a la roya del cafeto. Fue introducida al Ecuador en 1956 (Duicela y Sotomayor 1993).

San Salvador

San Salvador es una variedad seleccionada en la República de El Salvador. Se considera como una mutación de la variedad Típica (INIAP 1973). Es de porte más bajo que la variedad Caturra. El color de los brotes tiernos es bronceado oscuro. El color de los frutos en su estado maduro es rojo y se desprenden con facilidad. Es una variedad susceptible a la roya del cafeto.

Pache

Pache es una variedad descubierta en Jalapa, Guatemala, en 1987 (Colindres 2008). Se considera como una probable mutación de la variedad Típica (Ordóñez 1991). El porte de esta variedad es muy bajo, de estructura compacta, entrenudos cortos y ramificación frondosa. El ángulo de inserción de la rama plagiotrópica, respecto al tallo ortotrópico, es de 60 grados (Ordóñez 1991). Los brotes tiernos pueden ser de color verde o bronceado. La variedad Pache es susceptible a la roya del cafeto. Esta variedad fue introducida al Ecuador en 1996 (INIAP 1996).

Geisha

La variedad Geisha es de porte alto con frutos de mayor tamaño que Típica y tiene cierta resistencia a la roya del cafeto (Guerrero 1991). Los frutos son elongados (SCAP 2011). Fue descubierta en Abisinia, al suroeste de Etiopía, en 1931. Al Ecuador se introdujo la línea Geisha T-2722 en 1980.

3.3.2. Híbridos interespecíficos de café

Al Ecuador se introdujeron los materiales genéticos conocidos como: Híbrido de Timor, Icatú, Arabusta y S-975. En la Figura 14, se indican los esquemas del origen de los materiales genéticos en referencia.

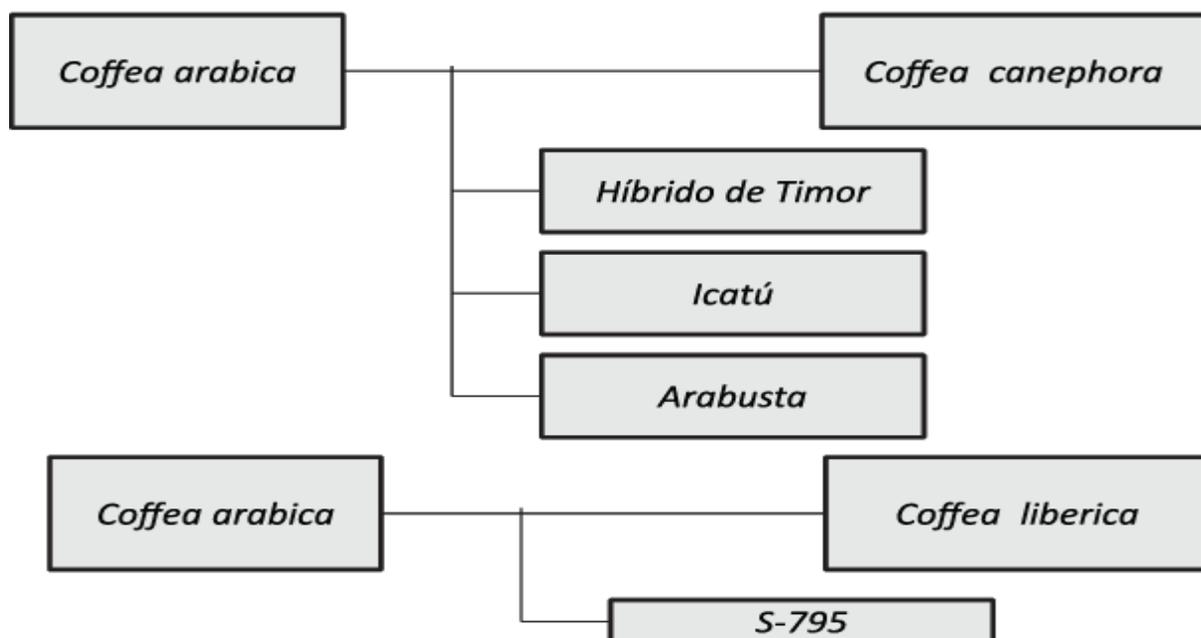


Figura 14. Origen genético de algunos híbridos interespecíficos de café.

Híbrido de Timor

Este híbrido fue descubierto en 1927, en las Islas Timor, y probablemente es el resultado de un cruce natural de *Coffea arabica* x *Coffea canephora*. Tiene genes de resistencia a la roya del cafeto, a nematodos y a la enfermedad de las cerezas Coffee Berry Disease (CBD: aún no reportada en América, causada por el hongo *Colletotrichum coffeanum* var. *virulans*) (Eskes 1989).

El H. Timor fue utilizado, a partir de 1959, por el Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto (CIFC), Oeiras, Portugal, para la creación de los híbridos Catimor y Sarchimor (Bettencourt 1982). Fue introducido al Ecuador, en 1971, desde Costa Rica (INIAP 1971).

Icatú

El híbrido Icatú resultó del cruce *Coffea arabica* x *Coffea canephora*, desarrollado, a partir de 1950, por el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil (IBC 1981, Orozco 1990). El propósito de desarrollar el híbrido Icatú fue mejorar las características del café arábigo (Orozco 1990). Poseen genes de resistencia a la roya del cafeto (REDETEC 2002); así como resistencia genética al Coffee Berry Disease (CBD) (Carvalho 1976). Al Ecuador se introdujo en 1985 (Duicela y Sotomayor 1993).

Arabusta

El híbrido Arabusta resultó del cruce *Coffea arabica* x *Coffea canephora*, desarrollado en Costa de Marfil por el Instituto Francés de Investigación en Café y Cacao (IRCC) con el propósito aprovechar los genes de resistencia a la roya del cafeto y mejorar la calidad del café producido en zonas de baja altitud. Este híbrido tiene las características fenotípicas propias de un arabicoide, de naturaleza tetraploide ($2n = 44$) y fue evaluado en Los Ríos y Santo Domingo, por la empresa Nestlé, pero aun no ha sido liberado como cultivar comercial.

S - 795

Este híbrido interespecífico de café arábigo x café libérica fue introducido desde la Estación Balehonnur (Mysore, India). La línea S-795 T-3318 fue introducida, evaluada y distribuida a los caficultores ecuatorianos por parte del INIAP en 1980 y se caracteriza por ser una planta de porte alto y frutos de gran tamaño.

3.3.3. Cultivares derivados del híbrido de Timor

Los cultivares derivados del híbrido de Timor que han sido seleccionados en las principales zonas agroecológicas del Ecuador son: Catimor, Sarchimor y Cavimor.

Catimor

El Catimor se originó del cruce entre la variedad Caturra rojo CIF 19/1 y la planta de híbrido de Timor CIF 832/1. Este cruzamiento dio origen a las plantas denominadas Hw 26 (Bettencourt 1982). En el Ecuador se han seleccionado líneas de Catimor que se caracterizan por el porte bajo de la planta, la alta producción, el bajo índice de frutos vanos y la resistencia a la roya del cafeto (Amores *et al.* 2004). Los brotes tiernos pueden tener color verde o bronceado, en diferentes tonalidades. La genealogía del Catimor se indica en la Figura 15.

Las líneas de Catimor seleccionadas en el Ecuador tienen distintos orígenes y son las siguientes:

- Selecciones del grupo de materiales genéticos procedentes de la Universidad Federal de Viçosa-Brasil: UFV-5409, UFV-5607, UFV-5608 y UFV-5331.
- Selecciones del grupo de materiales genéticos introducidos del CATIE-Costa Rica: 8666 (4-3), 8664 (2-3) y 8666 (1-2).
- Poblaciones CIFC-P1, CIFC-P2 y CIFC-P3 desarrolladas en el Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto, Oeiras, Portugal. La población CIFC-P1 fue una mezcla de semillas de 27 plantas de los grupos A (77,7%) y 1 (22,3%) de la progenie CIFC 7960 (F5). La población CIFC-P2 fue una mezcla de semillas de 10 plantas de los grupos A (80%) y 1 (20%) de la progenie 7961 (F5). La población CIFC-P3 fue una mezcla de semillas de 56 plantas de los grupos A (55,3%) y 1 (44,7%) de la progenie CIFC 7962 (F5)³.

A partir de la mezcla de las semillas obtenidas en las líneas y poblaciones seleccionadas se conformó un cultivar multilineal Catimor ECU, que ha sido distribuido a los caficultores ecuatorianos por parte del INIAP.

³. Centro de Investigacao das Ferrugens do Cafeeiro. Sementes de Catimor enviadas para o Ecuador. Carta de Rodrigues Júnior, C.J. enviada a La Dra. Carmen Suárez, Directora EET-Pichilingue INIAP. Mayo 7 de 1985.

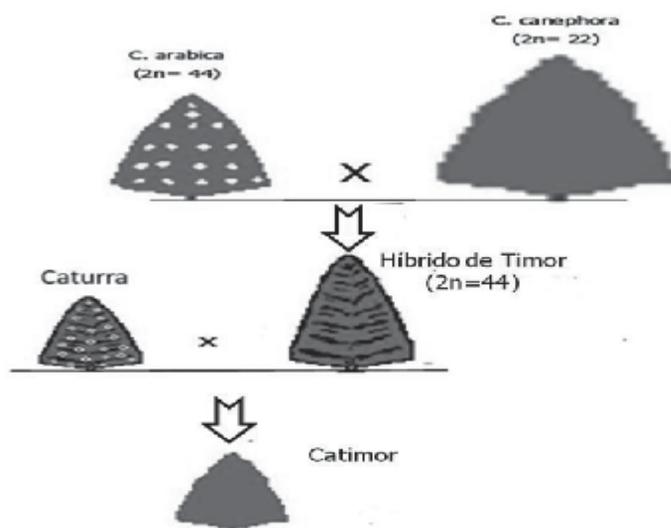


Figura 15. Genealogía del híbrido Catimor.

Sarchimor

El Sarchimor se originó del cruzamiento de las variedades Villa Sarchi CIFC 971/10 x Híbrido de Timor CIFC 832/2, desarrollado en el Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto, Oeiras, Portugal (Quijano y Gil 2009, IHCAFÉ 2003). La genealogía del Sarchimor se indica en la Figura 16.

Al Ecuador se introdujeron, en 1985, las líneas Sarchimor C-1669 y Sarchimor C-4260, seleccionadas en el Instituto Agronómico de Campinas (Brasil).

El híbrido Sarchimor C-1669 tiene una amplia adaptabilidad, principalmente en las zonas secas de las provincias de Manabí, El Oro y Loja; se caracteriza por el porte bajo de las plantas, brotes de color bronceado, alta productividad, reducido índice de frutos vanos y resistencia a la roya anaranjada (Amores *et al.* 2004, Chilán 1998).



Figura 16. Genealogía del Híbrido Sarchimor.

Cavimor

El Cavimor es un híbrido resultado del cruce de Catuaí x Catimor, desarrollado en el Centro Internacional de las Royas del Café (CIFC, Oeiras, Portugal). Al Ecuador se introdujeron varias líneas de Cavimor en 1985 (INIAP 1985). La genealogía del Cavimor se indica en la Figura 17.

Las líneas de Cavimor que han mostrado excelentes características fenotípicas en las condiciones del Ecuador son: H-765, H-766, H-773, H-777 y H-789.

Con las líneas seleccionadas se conformó un cultivar compuesto que tiene alto potencial productivo en las zonas subtropicales y cierta tolerancia a la roya del café. El porte es ligeramente superior a la variedad Caturra y los frutos tienen variaciones en la coloración entre rojo y amarillo.

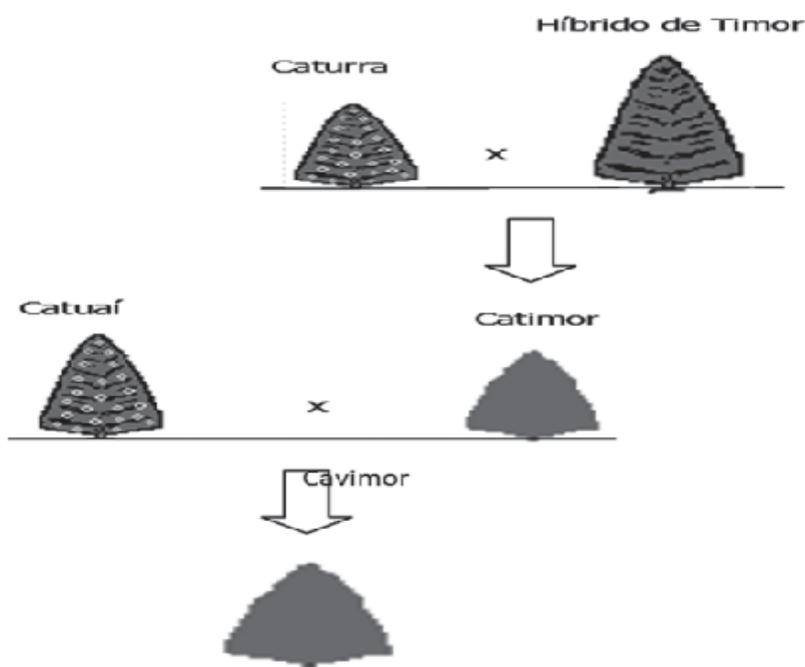


Figura 17. Genealogía del híbrido Cavimor.

3.3.4. Cultivares derivados del híbrido de Icatú

Catuaí

El desarrollo de los cultivares de Catuaí se inició con el aprovechamiento de un material genético resultado del cruce natural entre Icatú x Catuaí, seleccionado por el Instituto Brasileño del Café (IBC), en 1988 (Siqueira 2008).

Los cultivares comerciales de Catuaí son: Catuaí 2 SL y Catuaí 785-15.

Catuaí 2 SL: Plantas de porte bajo, frutos de color amarillo y alta productividad.

Catuaí 785-15: Plantas de porte bajo, frutos de color rojo y alta productividad.

3.3.5. Otras variedades de café de interés

En varios centros de investigación de América Latina, especialmente de Brasil, Colombia y países centroamericanos, se han desarrollado variedades arábicas que deberían ser introducidas al país con fines de evaluación.

En Brasil, se han desarrollado cultivares arábicos (Siqueira 2008), varios de los cuales están introduciéndose al Ecuador⁴ como:

Acauá: Mundo novo IAC 388-17 x Sarchimor IAC 1668

Acaíá: Selección de la variedad Mundo Novo

Araponga MG1: Catuaí amarelo IAC 86 x Híbrido de Timor UFV 446-08

Catiguá MG2 y MG3: Catuaí amarelo IAC 86 x Híbrido de Timor 440-10

IAPAR 59: Villa Sarchi CIFIC 971/10 x Híbrido de Timor CIFIC 832/2

IBC-PALMA 1 e IBC-PALMA 2: Catuaí vermelho IAC 81 x Catimor UFV 353

IPR 98: Villa Sarchi CIFIC 971/10 x Híbrido de Timor CIFIC 832/2

IPR-103: Catuaí x Icatú

Katipó: Selección de Catimor

Maracatiá: Acaíá x Catuaí vermelho ISC 81

OEIRAS MG 6851: Caturra vermelho CIFIC 19/1 x Híbrido de Timor CIFIC 832/1.

En Colombia, se han desarrollado las variedades: Colombia, Tabi y Castillo.

Colombia: Es un compuesto multilíneal conformado por líneas seleccionadas de generaciones avanzadas derivadas del cruce entre Caturra x Híbrido de Timor (Guía del Café s.f.).

Tabi: Es una variedad compuesta, de porte alto con resistencia a la roya del café, obtenida de un cruce de Típica y Bourbon con el Híbrido de Timor (Cenicafé 2002).

Castillo: Esta variedad fue derivada del cruce de Caturra x Híbrido de Timor. Tiene alta productividad, buena calidad y resistencia tanto a la roya del café como a la enfermedad de las cerezas causada por el hongo *Colletotrichum coffeanum* var. *virulans*, comúnmente llamada Coffee Berry Disease (CBD) que hasta la actualidad solo se encuentra en el África (Cenicafé 2008).

En Centroamérica se han obtenido algunas variedades mejoradas de café arábigo como: Lempira, Cuscatleco, Centroamericano, Tekisic, Catisic y Pacamara.

Lempira: De un cruce entre Caturra x Híbrido de Timor, en Honduras, se obtuvo el Catimor T 8667 que corresponde a la variedad Lempira, que es de alta productividad y resistente a la roya (Banegas 2009).

⁴. Introducciones realizadas por el Proyecto de Reactivación de la Caficultura (PRC) del MAGAP, Ecuador, 2013.

Cuscatleco: Esta variedad proviene del híbrido Sarchimor T-5296, originado del cruce de la variedad Villa Sarchi 971/10 y el Híbrido de Timor CIFC 832/2, creado en el año 1959 por el Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto (Oeiras, Portugal), donde lo llamaron CIFC H 361 (PROCAFÉ 2007).

Centroamericano: El cruzamiento Villa Sarchi CIFC 971/10 x Híbrido de Timor CIFC 832/2 dio origen a la línea de Sarchimor T 5296 que fue retrocruzada con Rume Sudán (un café silvestre) de donde se derivó esta variedad que fue liberada en el 2008 (PROCAFÉ 2009).

Tekisic: Es una variedad resultante de la selección del café Bourbon realizado en El Salvador (PROCAFÉ 2004).

Catisic: Es un Catimor seleccionado por el Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café y posee resistencia a la roya (PROCAFÉ 2004).

Pacamara: Es una variedad resultante del cruzamiento entre Pacas x Maragogipe, de porte alto y alta productividad (PROCAFÉ 2004).

En la Foto 6, se pueden observar las principales variedades e híbridos de café arábigo cultivados en el Ecuador.



Típica



Bourbón rojo



Bourbón amarillo



Caturra



Catuái



Pache



Catimor ECU



Cavimor ECU



Sarchimor ECU

Foto 6. Principales variedades de café arábigo.

LITERATURA CONSULTADA

- Amores P, F; Duicela G, L; Corral C, R; Guerrero C, H; Vasco M, A; Motato A, N; Solórzano L, G; Zambrano A, L; Aveiga Z, T; Guedes C, R. 2004. Variedades mejoradas de café arábigo: Una contribución para el desarrollo de la caficultura en el Ecuador. Quevedo, EC, INIAP, COFENAC, PROMSA. 26 p. (Boletín Técnico nº 113).
- Banegas R, KY. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café (*Coffea arabica*) en los municipios de El Paraíso y Alauca, Honduras. Tesis Magister Scientiae. CATIE, Costa Rica. 58 p.
- Bettencourt, AJ. 1982. Variedades de café arábica resistentes a la roya y perspectivas para su utilización en la caficultura del futuro. In V Simposio Latinoamericano sobre caficultura. Trad. JH Echeverri. San Salvador, SV, IICA. 20 p. (Serie Publicaciones Misceláneas nº 393).
- Carvalho, A. 1976. Icatú café como fuente de resistencia a *Colletotrichum coffeanum* (en línea). Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://www.scientificcircle.com/es/116899/Icatu-caf%C3%A9-fuente-resistencia-Colletotrichum-coffeanum/>
- CENICAFÉ. 2002. Tabi. Variedad de porte alto con resistencia a la roya. Avances técnicos 300 (en línea). Colombia. Consultado 5 nov. 2013. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0300.pdf>
- CENICAFÉ. 2008. Café variedad Castillo (en línea). Consultado 5 nov. 2013. Disponible en <http://cafevariedadcastillo.blogspot.com/>
- Charrier, A; Berthaud, J. 1985. Botanical classification of coffee. In Coffee "Botany, biochemistry and production of beans and beverage". Eds. MN Clifford; KC Willson. Ed. American. Connecticut, US, The Avi Publishing Company. p. 13-47.
- Chilán Villafuerte, WP. 1998. Estudio comparativo de genotipos de café arábigo de alta producción y con resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix Berk. & Br.*) en la zona de Quevedo. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, EC, Universidad Agraria del Ecuador. 109 p.
- Colindres Cardoza, MM. 2008. Caracterización del sistema productivo de café orgánico de Jalapa (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala. Consultado 29 mar. 2011. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2351.pdf
- Duicela G, L; Sotomayor H, I. 1993. Principales variedades. In Manual del Cultivo de Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 43-48.
- 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.
- Guerrero Castillo, HE. 1991. Estudio comparativo de germoplasma de café introducido en la zona de Quevedo. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, EC, Universidad Técnica de Manabí. 69 p.
- Guía del café. s.f. Café variedad Colombia: Solución contra la roya (en línea). Consultado 5 nov. 2013. Disponible en <http://www.guiadelcafe.com/cafe-variedad-colombia-solucion-contra-la-roya/>
- IBC (Instituto Brasileiro do Café). 1981. Variedades de café. Instrucciones técnicas sobre a cultura de café no Brasil. 4 ed. Río de Janeiro, BR, Ministério da Indústria e do Comercio. p. 85-126. (Boletín nº 4).
- IHCAFÉ (Instituto Hondureño del café). 2003. Variedad IHCAFÉ (en línea). Consultado 29 mar. 2011. Disponible en http://econegociosagricolas.com/ena/files/Variedad_con_Resistencia_Genetica_a_los_Nematodos.pdf

- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC). 1971, 1973, 1976, 1985. Informes Técnicos: Variedades de café. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue. s.p.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC). 1996. Informe Técnico: Variedades de café. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue. s.p.
- Monroig Inglés, MF. s.f.a. Variedades de café. Descripción de variedades de Coffea arabica más cultivadas en Puerto Rico (en línea). Consultado 29 mar. 2011. Disponible en <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id45.htm>
- Monroig Inglés, MF. s.f.b. Botánica del café (en línea). Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id51.htm>
- Ordóñez, H. 1991. El cultivar M-87 o Pache Enano: un cafeto altamente productivo. Revista Cafetalera Anacafé n° 314:33-36.
- Orozco C, FJ. 1990. La hibridación interespecífica en café y posibilidades de los híbridos triploides (en línea). Eds. GC Gálvez; J Echeverri. San Salvador, SV, IICA. Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=nCwOQAQAAIAAJ&pg=PA2&lpg=PA2&dq=Origen+Cafe+Arabusta+Costa+de+Marfil&source=bl&ots=Wy1aqK4jccq&sig=gmwdfGFx7rtJ05NiZrddATXgCgY0&hl=es->
- PROCAFÉ (Fundación Salvadoreña para investigaciones del café, SV). s.f. Aspectos botánicos (en línea). Consultado 29 jun. 2011. Disponible en <http://www.procafe.com.sv/menu/Generalidades/AspectosBotanicos.htm>
- PROCAFÉ (Fundación Salvadoreña para investigaciones del café, SV). 2007. Variedad Cuscatleco. Santa Tecla, SV. 5p.
- PROCAFÉ (Fundación Salvadoreña para investigaciones del café, SV). 2009. Conozca la variedad de café "centroamericano" para la caficultura del futuro. Santa Tecla, El Salvador. 3 p.
- PROCAFÉ (Fundación Salvadoreña para investigaciones del café, SV). 2004. Especies y variedades del cafeto cultivadas en El Salvador (en línea). Consultado 5 nov. 2013. Disponible en http://www.procafe.com.sv/menu/Investigacion/Variedades_de_Cafeto.htm
- Quijano Landaverde, JM; Gil, S. 2009. Conozca la variedad del café "centroamericano" para la caficultura del futuro (en línea). Santa Tecla, SV, PROCAFÉ. Consultado 27 mar. 2011. Disponible en <http://www.procafe.com.sv/menu/ArchivosPDF/Hoja%20Tecnica%20Variedad%20Centroamericano.pdf>
- REDETEC (Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, BR). 2002. Café Icatú (en línea). *Fuente original:* Cientistas do Brasil. 1998. SBPC. p. 198. Consultado 24 jun. 2011. Disponible en <http://www.redetec.org.br/inventabrasil/cafeica.htm>
- SCAP (Specialty Coffee Association of Panamá). 2011. Variedades de café (en línea). 15 ed. Panamá. <http://espanol.scap-panama.com/cultura/variedades>
- Siqueira de Carvalho CE. 2008. Cultivares de café. Origem, características e recomendacoes. Embrapa Café. Brasilia, BR. 334 p.
- Sotomayor H, I.; Duicela G, L. 1993. Botánica. *In* Manual del Cultivo de Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 19-27.

4. SEMILLEROS Y VIVEROS DE CAFÉ

La crianza de las plántulas de café es una labor fundamental para asegurar el establecimiento de un cafetal con alto potencial productivo. En esta etapa; es importante tener cuidado en lo relacionado con la calidad de la semilla, la construcción del cobertizo, la composición y desinfección de los substratos, el manejo de los semilleros y viveros y la certificación del material de siembra.

4.1. BENEFICIO DEL CAFÉ PARA SEMILLA

Para la preparación de la semilla se debe beneficiar el café mediante la vía húmeda, el beneficio ecológico o el beneficio húmedo enzimático. Estos tres métodos de beneficio permiten obtener café pergamino.

Los lotes destinados a la producción de semilla de café, deben corresponder a las variedades o híbridos recomendados por la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD).

La cosecha se realiza selectivamente en los cafetales destinados para semilla, solo en las plantas que reúnen las características fenotípicas de la variedad o híbrido; esto significa que si hubiese dudas sobre alguna planta, esta no se cosecharía, pues se consideraría como "planta fuera de tipo".

Durante la cosecha se debe realizar una o varias pruebas del índice de frutos vanos. Este procedimiento involucra el conteo de 100 cerezas sanas, maduras y bien formadas, que luego se sumergen en un recipiente con agua (balde con agua); inmediatamente se hace un conteo directo de los frutos que flotan. El número de frutos que flotan, cuando se hace la prueba con 100 frutos, es el índice de frutos vanos (Foto 7).

El café pergamino húmedo destinado a semilla debe secarse cuidadosamente bajo sombra; esto significa que no puede recibir directamente los rayos del sol; pues existe el riesgo de una afectación al embrión y una reducción del porcentaje de germinación.

El café pergamino se debe secar hasta el 14% de humedad cuando se va a conservar la semilla o hubiese el riesgo de demoras en el proceso de distribución de la semilla. Es conveniente beneficiar el café para semilla e inmediatamente sembrar en los semilleros; pues, la semilla cuanto más fresca tiene una mayor viabilidad.

4.2. CERTIFICACIÓN DE MATERIAL DE PROPAGACIÓN DE CAFÉ

El registro y certificación de viveristas y de material de propagación de café se basa en la Ley de Sanidad Vegetal y su Reglamento codificación 315 de 16 de abril de 2004; Acuerdo Ministerial N° 446, publicado en el Registro Oficial 342 del 22 de Diciembre de 1993; el Decreto Ejecutivo N°1449 de creación de AGROCALIDAD, de fecha 22 de noviembre de 2008, publicado en el Registro Oficial 479 del 2 de diciembre del 2008 (AGROCALIDAD 2012).

La Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) es la entidad oficial encargada del registro y certificación del material vegetal de propagación de café, en base de la Resolución N° 265 de la Dirección Ejecutiva de AGROCALIDAD.

A los caficultores, viveristas, productores de semilla se les recomienda tener la información técnica de la procedencia, genealogía y origen de la semilla de las variedades de café. Cuando se adquieren plántulas en viveros comerciales debe exigirse a los viveristas la certificación del material de propagación para tener plena confianza en la calidad del material genético. Para un agricultor, exigir esta certificación es indispensable para asegurar la calidad del material de siembra y su inversión en la caficultura.

4.3. SEMILLA DE CAFÉ

La semilla es el grano contenido dentro del fruto maduro que luego de un proceso adecuado, se usa para la reproducción sexual de los cafetos. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y el epispermo. El embrión (planta en estado embrionario) contiene la radícula, la plúmula, el hipocótilo y el cotiledón. El endospermo o albumen es la reserva alimentaria que, en las especies dicotiledóneas como el café, se encuentra incluido en los cotiledones. El epispermo es la cubierta de la semilla (Campollo 1985).

La semilla de café debe reunir las propiedades genéticas específicas de la variedad y un mínimo de requisitos biológicos y características físicas del grano.

4.3.1. Propiedades genéticas de la variedad

La variedad debe haberse probado exitosamente en las condiciones agroecológicas locales donde se proyecta establecer los cafetales. La semilla de café debe proceder de una finca, empresa o entidad que asegure la pureza genética, libre de mezclas de ningún tipo.

4.3.2. Atributos biológicos de la semilla

Las variedades seleccionadas en distintos ambientes deben tener un potencial productivo por lo menos igual a la variedad Caturra rojo.

El índice máximo de frutos vanos aceptado para las variedades arábicas puras (Típica, Caturra, Bourbon, Catuai, Pacas, Villalobos, Pache, Geisha, Mundo Novo y San Salvador) es del 5%; mientras que para los híbridos (Sarchimor, Catimor, Cavimor o Catucaí), el índice máximo de frutos vanos aceptado es del 8 por ciento.

La semilla debe ser de cosecha actual; es decir, semilla fresca. Una semilla fresca, adecuadamente beneficiada, tiene un porcentaje de germinación cercano al 100 por ciento. A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, aún en condiciones de refrigeración, la germinación disminuye progresivamente. En un cuarto frío, limpio y seco, la semilla de café, con el 14% de humedad, puede conservarse por un período máximo de 180 días.

La semilla con una humedad del grano superior al 14% tiene el riesgo de contaminarse con hongos que causan pudriciones y muerte del embrión; mientras que una semilla con una humedad inferior al 12% pierde rápidamente su viabilidad.

4.3.3. Características físicas del grano

La semilla de café debe tener buen tamaño; con un diámetro arriba de los 8 milímetros, en pergamino; es decir deben quedar retenidos en la zaranda 20.

Un kilo de semilla de café, en pergamino, al 14% de humedad, debe contener de 3.000 a 4.000 semillas/kilo. Si hubiera un mayor número de semillas/kilo significa que el grano es pequeño; por lo tanto, no es apto para semilla.

El café pergamino destinado a semilla debe tener un color blanco-amarillento, apariencia limpia, uniformidad en el tamaño y en la forma; con un máximo del 2% de granos anormales: caracolillos, triángulos y monstruos o elefantes (Foto 8).

La semilla de café debe estar sana; jamás tener la apariencia mohosa, ni granos dañados por la broca; ni la presencia de insectos vivos.



Foto 7. Determinación del índice de frutos vanos.



Café en pergamino, grano normal: único apto para semilla



Selección de semilla en pergamino

Foto 8. Semilla de café arábigo.

4.4. COBERTIZO O UMBRÁCULO

El cobertizo o “umbráculo” es la infraestructura debajo de la cual se establecen los semilleros y viveros. A nivel de una pequeña finca o a nivel comunitario se pueden construir los cobertizos con pilares que pueden ser de caña guadua; pilares y travesaños de madera con “techo” de hojas de palma o de sarán.

Un cobertizo para un vivero comunitario o comercial puede construirse con materiales más durables como postes de madera o tubos metálicos galvanizados, travesaños y estructura metálica u otros materiales sintéticos con una cubierta de sarán que proporcione el 65% de sombra. Algunos cobertizos pueden tener las características de un invernadero; pues, además de la estructura permanente usan plástico blanco como cubierta.

Las condiciones del área donde se ubicará un cobertizo para establecer los semilleros y viveros de café son: cerca de una fuente segura de agua, preferiblemente plano o nivelado con maquinaria; libre de piedras, terrones y palos; libre de malezas, plagas y patógenos; no inundable; fácil acceso y cerca de las áreas de plantación definitiva.

Cerca de una fuente segura de agua.- Para la crianza de plántulas se necesita de agua de riego permanente, que es un factor determinante de este proceso.

Terreno plano y nivelado.- Los semilleros y viveros deberán hacerse en terrenos planos. En el caso de que hubiese terreno con pendiente, hay que nivelar el terreno usando una maquinaria o mediante la construcción de terrazas.

Libre de piedras, terrones y palos.- El área de semilleros y viveros deberá estar libre de obstáculos que impidan el buen desarrollo de las plantitas.

Libre de malezas, plagas y patógenos.- En la selección del área hay que considerar que en el suelo no haya vestigios de plantas perennes muertas, ni la amenaza de insectos plaga o malezas de difícil manejo.

Área no inundable.- Los semilleros y viveros de café deben ubicarse en áreas no inundables; pues el exceso de agua provoca daños fisiológicos y crea condiciones favorables para la incidencia de ciertos patógenos.

De fácil acceso.- Los semilleros y viveros deben estar ubicados en un lugar de fácil acceso, para asegurar las labores de manejo oportunamente.

Cerca de las áreas de plantación definitiva.- De preferencia, los semilleros y viveros deben establecerse cerca del lote de cultivo para reducir los riesgos y los costos inherentes al transporte.

4.5. SUBSTRATOS PARA SEMILLEROS Y VIVEROS

El sustrato adecuado para semilleros de café es la arena de río cernida y desinfectada.

El sustrato para viveros, ya sea en fundas, en bandejas o en “camellones” (almácigos) requiere de tierra agrícola, preferiblemente de montaña, enriquecida con abonos como compost, estiércoles descompuestos y fertilizantes químicos. Los

substratos para los viveros, deben reunir algunas características físicas, químicas y biológicas. En el Cuadro 6, se indica una mezcla referencial de sustrato para viveros de café.

Características físicas del suelo.- Un sustrato para vivero debe ser suelto; sin piedras, terrones o palos que obstaculicen el libre desarrollo de las raíces. Es recomendable cernir el suelo en una zaranda de malla metálica.

Características químicas del suelo.- Un suelo agrícola, para ser usado como sustrato, debe tener un pH ligeramente ácido (6,0 a 6,5) y alto contenido de macro y micro nutrientes. En este propósito se recomienda mezclar el suelo agrícola con abonos orgánicos como compost en una proporción 3:1 ó 4:1; esto significa de tres a cuatro partes en volumen (75-80%) de tierra más una parte (20-25%) de compost. El suelo agrícola debe ser tomado de áreas no contaminadas, de preferencia debería ser tierra de montaña. Cuando la tierra tiende a ser pesada se usa una pequeña porción de cascarilla de arroz y de zeolita de tamaño medio.

Una funda de polietileno de 6 x 8 pulgadas contiene aproximadamente un kilo de sustrato. Para enriquecer el sustrato, cuando no se dispone de tierra de montaña, hay que agregar abono químico completo como el 10-30-10; 15-15-15; 12-36-12; 12-30-10-5-6 ó 15-15-15-6-7, a razón de 5 gramos/funda. En el caso de viveros en camellones se debe considerar 100 plantas/m²; por lo tanto, se debe añadir 500 gramos/m² de cualquiera de los abonos indicados.

Características biológicas del sustrato.- Un suelo de montaña, sano y rico en materia orgánica, tendrá una riqueza biológica, especialmente de organismos benéficos como los hongos micorrizógenos.

Cuadro 6. Composición referencial de los sustratos para viveros de café.

Componentes del sustrato	Unidad	Cantidad	Procedimiento
Suelo agrícola	Sacos	35	<ul style="list-style-type: none"> • Amontonar la tierra agrícola. • Incorporar el abono orgánico. • Añadir la cal, yeso o ceniza. • Añadir la zeolita. • Agregar la cascarilla de arroz. • Adicionar el abono químico. • Mezclar los materiales hasta homogenizar el sustrato. • Llenar las fundas de polietileno.
Carbonato de calcio o sulfato de calcio (yeso)	Kilos	10	
Compost, estiércol de ganado descompuesto o humus de lombriz	Sacos	12	
Zeolita	Sacos	3	
Cascarilla de arroz	Sacos	3	
Uno de los abonos químicos siguientes: 10-30-10 15-15-15 12-36-12 13-26-6 15-15-15-6-7 15-30-15-1-1	Kilos	5-10	

4.6. DESINFECCIÓN DE LOS SUBSTRATOS

La prevención de la incidencia de enfermedades en los semilleros y viveros se basa en la integración de los siguientes elementos:

- Uso de sustratos no contaminados.
- Solarización.
- Uso de agua hirviendo.
- Uso de vapor de agua.
- Uso de fungicidas.
- Uso de hongos benéficos.

Uso de sustratos no contaminados.- La práctica más eficiente para prevenir las enfermedades en los semilleros y viveros es el uso de sustratos sanos o limpios. Para los semilleros se debe usar arena de río cernida. Este sustrato solo puede reusarse cuando no se ha constatado ningún problema sanitario en las plantitas. Nunca usar suelo de áreas aledañas a las plantas enfermas o muertas.

Solarización.- La solarización consiste en el uso de una lámina de plástico, preferiblemente de color negro, para cubrir los sustratos de semilleros y viveros (arena o suelo) y exponerlos a la luz solar directa por un tiempo que varía de una a tres semanas. Los sustratos para ser "solarizados" pueden estar sobre un tendal de cemento, en los germinadores, en los camellones, o en las "camas" del vivero con las fundas llenas. Mientras más tiempo se mantenga bajo solarización el efecto desinfectante será mayor.

El procedimiento de solarización es el siguiente: Primero se riega el sustrato de los germinadores, de los "camellones" o de las "camas" que contienen las fundas llenas con sustrato; luego se cubre con el plástico negro de una a tres semanas, hasta un día antes de la siembra o del trasplante, aprovechando los rayos solares para elevar la temperatura de los sustratos y eliminar todo tipo de organismo dañino y las semillas de malas hierbas.

Uso de agua hirviendo.- Resulta muy eficiente y económico la desinfección de los sustratos para semilleros o de los "camellones" con la aplicación directa de agua en estado de ebullición, sobre los sustratos, usando una regadera de metal o cualquier otra forma de aspersión del agua hirviendo. Esta práctica no es conveniente para desinfectar las "camas" en el vivero con fundas de polietileno porque debido al calor se destruye el material.

Uso de vapor de agua.- En viveros comerciales se pueden desinfectar los sustratos mediante aplicaciones dirigidas de vapor de agua, con equipos especiales. En este caso, se requiere de alternativas de energía calórica de bajo costo como es el pergamino del café.

Uso de fungicidas.- Se puede prevenir la incidencia de las enfermedades en los semilleros y viveros desinfectando los sustratos con fungicidas como: Captan, Azufre, Clorotalonil (Bravo 500) o Benomyl (Benlate) en dosis de 1 a 2 gramos/litro de agua, aplicado con una regadera o una aspersora manual, al menos con una semana de antelación. No se recomienda usar fungicidas cúpricos durante la crianza de plántulas semilleros y viveros porque ocasionan malformaciones del sistema radical de las plantitas.

Uso de hongos benéficos del suelo.- El uso de hongos benéficos, reproducidos en laboratorios especializados, aplicados disueltos en agua, para prevenir la incidencia del "mal del talluelo" es una práctica innovadora en el manejo de semilleros y viveros. La aplicación del hongo benéfico *Trichoderma harzianum* a nivel de vivero, permite obtener altos porcentajes de germinación y emergencia de plántulas; así como, mayor longitud de la raíz, altura de la plantita, diámetro del tallo, número de hojas y vigor de la planta (Guilcapi 2009).

4.7. SEMILLEROS

Un semillero o germinador 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 (Sotomayor y Duicela 1988).

Los germinadores o semilleros son "marcos" construidos con tablas o caña guadua de un metro de ancho por la longitud adecuada, según el área disponible, la cantidad de semilla o necesidades de plántulas. El espesor del "marco" de madera o caña donde se coloca la arena como sustrato debe ser de 20 centímetros. En estas condiciones las raíces y raicillas de las "chapolas" se desarrollan en abundancia.

Cuando hay riesgo de la presencia de animales (como aves de corral), se recomienda proteger el contorno o construir los semilleros sobre mesones de caña guadua, tablas u otros materiales.

La siembra de café puede hacerse de dos formas: Siembra al boleó y siembra en hileras.

Siembra al boleó.- Se puede usar hasta un kilo de semilla/metro cuadrado y consiste en esparcir uniformemente la semilla en el germinador y luego taparlo con una fina capa de arena.

Siembra en hileras.- En este caso se colocan 50 semillas/metro lineal, formando líneas con una separación de cinco centímetros; esto equivale a 1.000 semillas/metro cuadrado. Luego de colocadas las semillas se tapa con una capa fina de arena.

Tanto en la siembra al boleó como en la siembra en hileras, inmediatamente después, se realiza un riego intenso y se cubre el germinador con una lámina de plástico, sarán u hojas de palmas o bijao que permitan abrigar y proteger el semillero.

En el semillero se realizan los riegos, deshierbas y controles fitosanitarios que sean necesarios para favorecer el buen crecimiento de las plantitas. Aproximadamente a los 45 días se tienen las plantitas en estado de "fosforito".

Más adelante, alrededor de los 60 días después de la siembra, las plantitas están en el estado de "chapola" o "mariposa" (Fischersworing y Roßkamp 2001), que es el estado adecuado para realizar el trasplante al vivero.

En las Fotos 9, 10, 11 y 12, se indica una secuencia del manejo de semilleros de café.



Construcción del cobertizo



Construcción del semillero



Desinfección del semillero con agua hirviendo



Solarización del semillero



Siembra al boleó



Siembra en hileras



Siembra directa en la funda



Siembra en bandejas

Foto 9. Construcción de semilleros, desinfección del sustrato y siembra.



Semillero cubierto con plástico



Semillero cubierto con hoja de palma

Foto 10. Protección de los semilleros.



Foto 11. Semilleros sobre mesón.



Foto 12. Fosforitos y chapolas.

4.8. VIVEROS DE CAFÉ

Un vivero es el lugar donde se desarrollan las plántulas de café hasta el momento del establecimiento en el campo.

Existen tres sistemas para la crianza de plántulas en vivero:

- Semillero-vivero en fundas de polietileno.
- Semillero-vivero en "camellones" .
- Siembra directa a las fundas de polietileno.
- Siembra en bandejas o tubetes.

Se están evaluando nuevas alternativas para la crianza de plántulas como: Composición de los sustratos, tamaño de los recipientes (bandejas y tubetes) y productos enraizadores.

4.8.1. Vivero en fundas de polietileno

En el sistema "**semillero-vivero en fundas de polietileno**", el trasplante de las plantitas a las fundas se realiza cuando están en estado de "chapola". Para esta labor, primero se realiza un riego ligero en las fundas con sustrato; luego, con un "chuzo" de palo, se realiza un hoyo de 10 a 12 centímetros de profundidad, en la parte central de la funda (Duicela *et al.* 2004).

El tamaño adecuado de las fundas de polietileno para viveros de café es de 6 x 8 pulgadas.

Para el trasplante se deben usar "chapolas" de café que tengan un sistema radical normal, bien formado y sano; descartándose todas aquellas plantitas que tengan raíces deformes o enfermas. En la colocación de la "chapola" en el hoyo debe cuidarse de que la raíz quede en una correcta posición y se cubre con tierra, presionando cuidadosamente hasta el nivel del cuello de la plantita (Figura 18).

Opción 1

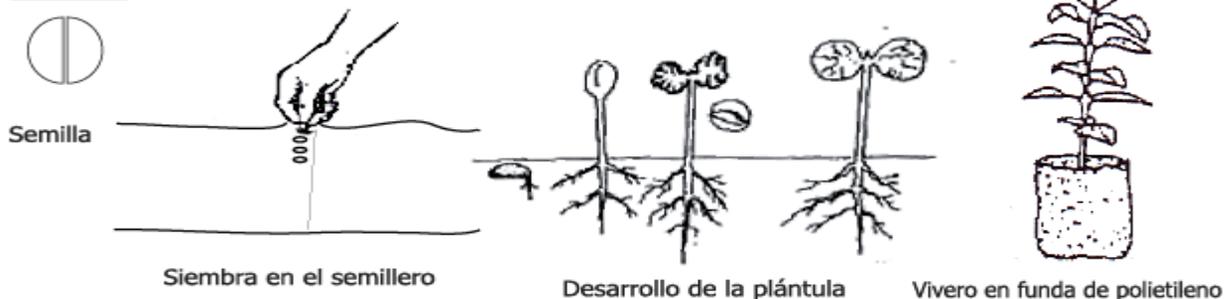


Figura 18. Vivero en fundas de polietileno.

Una vez concluida la labor de trasplante de las chapolas o fosforitos a las fundas se realiza un riego intenso y posteriormente, se continúa aplicando las labores de manejo.

Cuando la raíz de la plantita haya crecido demasiado en el semillero, antes del trasplante a las fundas, debe hacerse una poda de raíz (Figura 19), cortando cuidadosamente la parte terminal, para que pueda ser colocada en la funda en forma correcta.

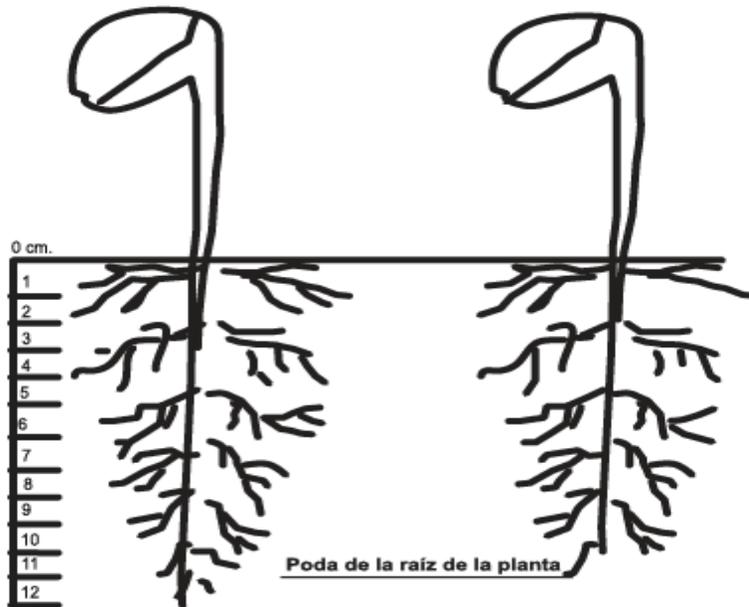


Figura 19. Poda de la raíz de las plántulas al trasplante.

4.8.2. Vivero en “camellón”

En este sistema no se usan fundas de polietileno. Los procedimientos pueden adaptarse a las circunstancias locales como: sembrar directamente en el camellón o trasplantar las chapolas criadas en el semillero.

- Criar las plantitas en el semillero hasta el estado de “chapolas” y luego trasplantar en una platabanda, “almácigo” o “camellón”, construido sobre el nivel del suelo, con dimensiones de un metro de ancho x 20 a 30 centímetros de altura y de longitud variable (según las necesidades o disponibilidad de terreno), usando como substrato una mezcla de tierra agrícola, compost y abonos químicos (substrato enriquecido).
- Sembrar directamente las semillas de café, en el almácigo o camellón (construido sobre el nivel del suelo), a un distanciamiento de 10 x 10 centímetros. Las dimensiones del camellón deben ser de un metro de ancho, de 20 a 30 centímetros de altura y por la longitud que sea necesaria. El substrato del camellón debe ser enriquecido con abonos orgánicos y químicos. Se recomienda sembrar dos semillas por sitio, con una separación de un centímetro, en cada punto. Al distanciamiento de 10 x 10 centímetros, significa que se sembrarán en 100 puntos/m² que a dos semillas/punto equivale a 200 semillas/metro cuadrado.

En la alternativa de manejo "**vivero en camellón**" (Figura 20), se deben realizar las deshierbas, riegos y controles fitosanitarios oportunamente. Las plantitas de café deben ser sanas, vigorosas y bien formadas, con un "tallito" consistente y al menos un par de ramas para su establecimiento en el campo. Para sacar las plántulas del "camellón" se usa un "palín" o pala de desfonde con la cual se remueve el substrato y extraen las plantitas, una a una, con su "pan de tierra", que luego se colocan en sacos de yute u otros recipientes para poder transportarlas hacia el campo.

Resulta conveniente agrupar las plántulas en el vivero, según la homogeneidad y establecer el cafetal en bloques de cafetos según el desarrollo vegetativo. Las plántulas de café que muestren cierto retraso deben ser fertilizadas, extendiendo el tiempo de crianza en el vivero hasta que tengan las condiciones adecuadas para el establecimiento.

Opción 2



Figura 20. Vivero en camellón.

4.8.3. Siembra directa en fundas

Se llenan las fundas de polietileno con un substrato enriquecido (compost y abonos químicos), se colocan en las "camas" construidas con caña guadua, madera u otro material sólido, que tenga un metro de ancho y la longitud que sea necesaria. En estas "camas" se colocan las fundas con substrato de manera ordenada (100 fundas/metro cuadrado). Se riega intensamente y se colocan, en la parte central, dos semillas de café ligeramente separadas a un centímetro. La "cama" se cubre con hojas de palma o bijao; aunque también puede usarse una lámina de plástico. En los viveros se deben realizar las deshierbas, riegos y controles fitosanitarios que sean necesarios para asegurar un crecimiento sano y vigoroso de las plantitas.

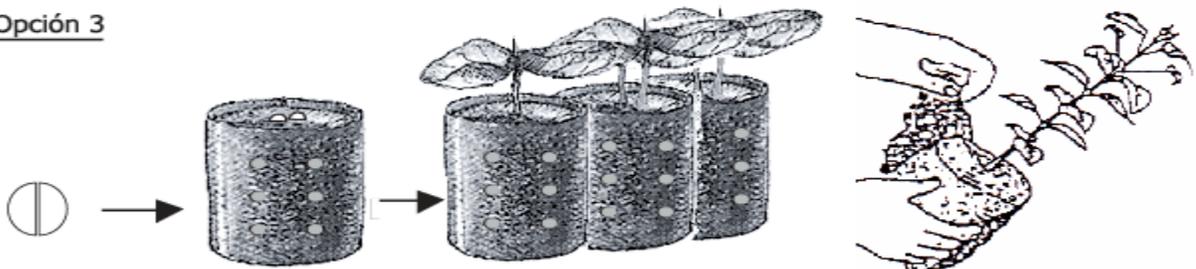
En el sistema "**siembra directa en funda**" (Figura 21), en la fase de crecimiento de las plantitas, pueden haber las siguientes situaciones:

- **Germinaron las dos semillas y las plantitas tienen buen estado de crecimiento.**- En este caso se deben dejar las dos plantitas en la funda y así se establecerán en el campo.

- **Germinó una semilla y la plantita está en buen estado de crecimiento.**- En este caso se debe mantener la plantita en la funda y así se establecerá en el campo.
- **Germinaron las dos semillas, una plantita está en buen estado y otra está defectuosa.**- En este caso se debe eliminar la plantita defectuosa para favorecer un mejor desarrollo de la otra plantita.
- **Germinaron las dos semillas y las plantitas están en mal estado de crecimiento.**- En este caso se deben eliminar las dos plantitas de la funda.

En las alternativas de manejo "semillero-vivero en funda" y "siembra directa en funda", cuando las plántulas hayan alcanzado un porte adecuado (antes de la emisión del primer par de ramas), se recomienda el arreglo en hileras dobles de las fundas en el vivero.

Opción 3



Semilla Siembra directa a la funda de polietileno Plántula en vivero

Figura 21. Siembra directa.

En cada "cama" de un metro de ancho, se organizan tres hileras dobles, cada una con una separación de unos 20 centímetros. Esta práctica favorece un crecimiento uniforme de las plántulas, de otra manera, las plántulas ubicadas hacia el centro del vivero crecerían con los "tallitos" delgados.

4.9. FERTILIZACIÓN EN VIVEROS

En los semilleros no se realiza ninguna fertilización; pues, el cotiledón tiene reservas suficientes para proporcionar los nutrientes que requieren el embrión y las plantitas en su desarrollo inicial hasta la formación de la "chapola".

El mejoramiento de los substratos es una labor clave para lograr un crecimiento rápido, sano y vigoroso de las plantitas de café. Aquí se empieza la práctica de la fertilización y se continúa en la fase de vivero. Las recomendaciones de fertilización de plantitas de café en el vivero se resumen en el Cuadro 7.

En la Foto 13, se indican algunas labores de manejo en los viveros de café.

Cuadro 7. Recomendaciones 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 15 días antes del establecimiento en el campo. La aplicación de urea debe combinarse con otras alternativas.	El substrato debe estar húmedo. Se puede usar una bomba aspersora manual o una regadera para la aplicación. También se puede aplicar manualmente en el substrato (3 gramos/planta).
Sulfato de amonio	gramos/litro	10,0	Retraso en el crecimiento	Disolver el abono, desde el día anterior, dejando el abono en agua.	Aplicar al substrato, inmediatamente de la constatación del retraso en el crecimiento de la plántula, alternado con el SULPOMAG.	El substrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual sin la boquilla para poder dirigir el "chorrito" al substrato.
SULPOMAG	gramos/litro	5,0	Retraso en el crecimiento	Disolver el abono, desde el día anterior, dejando el abono en agua.	Aplicar al substrato, inmediatamente de la constatación del retraso en el crecimiento de la plántula, alternado con el sulfato de amonio.	El substrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual sin la boquilla para poder dirigir el "chorrito" al substrato.
Abono foliar con micro elementos	centímetros cúbicos/litro	3,0	Síntomas de deficiencias de microelementos	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 substrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual "sin la boquilla" para poder dirigir el "chorrito" al substrato.
Biol	centímetros cúbicos/litro	50,0	Fortalecer el crecimiento	Disolver el abono previo a la aplicación	Aplicar al follaje y al substrato a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El substrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual (con la boquilla) o una regadera, para asperjar sobre el follaje y el substrato.
Caldo microbiológico	centímetros cúbicos/litro	50,0	Fortalecer el crecimiento	Disolver el abono previo a la aplicación	Aplicar al follaje y al substrato a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El substrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual (con la boquilla) o una regadera, para asperjar sobre el follaje y el substrato.
Purines	centímetros cúbicos/litro	50,0	Amarillamiento	Disolver el abono previo a la aplicación	Aplicar al follaje y al substrato a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El substrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual (con la boquilla) o una regadera, para asperjar sobre el follaje y el substrato.
Abono completo 10-30-10	gramos/planta	3,0 a 5,0	Fortalecer el crecimiento	Aplicar el abono en corona, alrededor de la plántula	Aplicar al substrato a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El substrato debe estar húmedo. Se debe realizar manualmente aplicando el abono, en corona, alrededor de la plántula.
Nitrofoska C	centímetros cúbicos/litro	2,0	Fortalecer el crecimiento	Disolver el abono previo a la aplicación	Aplicar al follaje a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El substrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual (con la boquilla) o una regadera, para asperjar sobre el follaje y el substrato.
Nitrofoska G	gramos/planta	2,0	Fortalecer el crecimiento	Aplicar el abono en corona, alrededor de la plántula	Aplicar al substrato a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El substrato debe estar húmedo. Se debe realizar manualmente aplicando el abono, en corona, alrededor de la plántula.



Preparación del sustrato para vivero



Llenado de fundas



Trasplante a las fundas



Riego en el vivero



Deshierbas y otras labores de cultivo



Plántulas en vivero listas para el trasplante en el campo

Foto 13. Labores en el vivero de café.

4.10. PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES EN VIVEROS

Las principales enfermedades que afectan a las plantitas en el vivero son: Mal del talluelo, Mal de hilachas, Roya, Ojo de gallo y Mancha de hierro.

4.10.1. Mal del talluelo

El "mal del talluelo" es una enfermedad de los semilleros y viveros que también se conoce como: "mal del tallito", "mal de almácigos", "rhizoctoniosis" y "Damping off". Los agentes fúngicos más comunes que causan el mal del talluelo son especialmente los hongos como: *Rhizoctonia solani* (Kühn), *Pellicularia filamentosa* (Pat) Regers, *Fusarium sp.* y *Phytophthora sp.*

El efecto de estas plagas tiene mucha importancia en los semilleros y viveros, donde el síntoma característico es un estrangulamiento a nivel del cuello de la plantita, en estado de fosforito o chapola, debido a la pudrición del tallito. La zona necrótica hundida tiene un color oscuro y aspecto rugoso que empieza en el cuello y se extiende hasta cubrir completamente la plantita; la epidermis de la planta se seca y se cae. Este daño causa la paralización de la circulación de la savia, marchitez y volcamiento de la plantita (Sotomayor 1993).

En ocasiones se observa un ataque pre-emergente, esto es la pudrición de la radícula al momento de salir de la semilla, de tal manera que la planta no llega a emerger.

La prevención del mal del talluelo comprende las siguientes medidas: Uso de arena de río cernida (no reutilizada) como sustrato del semillero, la desinfección del sustrato para el semillero mediante la solarización o uso de fungicidas (Captan). La solarización del semillero se debe efectuar amontonando la arena o suelo agrícola "limpios" (no contaminados), sobre un tendal de cemento, o directamente sobre los sustratos de los germinadores, cubriendo herméticamente con un plástico transparente o de color negro, por un período mínimo de una semana. La elevación de la temperatura destruye huevos de insectos, hongos patógenos y semillas de malas hierbas. Hay que cuidar que la humedad del suelo sea media a húmeda. Cuando se usan fungicidas para desinfectar los semilleros no debe sembrarse de inmediato sino después de por lo menos 5 días de la aplicación.

Otra práctica para desinfectar el sustrato del semillero es la aplicación de agua hirviendo, usando una regadera. Adicionalmente, se puede añadir ceniza de madera con el mismo propósito. La aplicación del agua hirviendo no es recomendable para desinfectar las fundas llenas con sustrato; pues puede ocasionar un deterioro en las fundas.

Se pueden usar fungicidas para la desinfección de los sustratos, cuando hubiese limitaciones para aplicar las otras alternativas. Los productos fungicidas recomendados son: Captan (1-2 gramos/litro), Benomyl (Benlate: 1 gramo/litro) ó Clorotalonil (Bravo 500: 1 cc/litro de agua).

Cuando se presenta la enfermedad en los semilleros o en los viveros, se empieza por eliminar todas las plantitas afectadas y luego se aplica cal agrícola en el área afectada.

4.10.2. Enfermedades foliares de las plántulas

La Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*); el Mal de hilachas (*Pellicularia koleroga*), la Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y eventualmente el Ojo de gallo (*Mycena citricolor*) pueden afectar las plántulas en el vivero.

Las medidas de prevención que se recomiendan son: Mantener una sombra adecuada y uniforme en el vivero; evitar los excesos y las deficiencias de agua, lo que significa proporcionar riegos periódicos en ausencia de lluvias; deshierbar oportunamente y fertilizar periódicamente. El uso de abonos orgánicos líquidos como los bioles enriquecidos con hierbas aromáticas y medicinales contribuye a mantener las plántulas sanas en los viveros. Cuando sea necesario, se pueden usar fungicidas como: Benomyl, Captan o Clorotalonil, en las dosis indicadas para "mal del talluelo".

4.11. PREVENCIÓN Y COMBATE DE PLAGAS INSECTILES

Las plagas insectiles más importantes en viveros son los gusanos defoliadores, la hormiga arriera, el minador de las hojas, la cochinilla verde y los pulgones.

4.11.1. Gusanos defoliadores

Los gusanos defoliadores (*Automeris sp.* y *Eacles sp.*) pertenecen al orden Lepidóptera y tienen el hábito de comerse las hojas tiernas y frecuentemente cortando el brote apical. Resultan eficientes para el control de esta plaga aplicaciones de insecticidas cuyos ingredientes activos son: Permetrina (Ambush, Pounce), Decametrina (Decis 2,5 CE) o Clorpirifos (Lorsban), en dosis de 1 centímetro cúbico/litro de agua, aplicados con una aspersora manual.

4.11.2. Hormiga arriera

La hormiga arriera (*Atta spp.*) ataca a varios cultivos tropicales, provocando severos daños a las plántulas en los viveros y a los cafetos en crecimiento.

Para el control de las hormigas arrieras se debe combinar varias acciones: primero hay que identificar los hormigueros, luego se debe limpiar el área e introducir en los agujeros un insecticida preparado con nim (Gruber y Valdix 2003). El cultivo 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 las hormigas (Domínguez 2004).

La hormiga arriera se controla con cebos preparados con cáscaras frescas 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.

4.11.3. Minador de las hojas

El Minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) es una pequeña mariposa que ataca a los viveros en condiciones de estrés hídrico y exceso de luminosidad interna. Por lo tanto, se previene manejando el cobertizo con una sombra adecuada y proporcionando los riegos que sean necesarios para el buen desarrollo de las plántulas. En los casos de alta infestación se puede realizar de una a dos aplicaciones del insecticida Clorpirifos (Lorsban).

4.11.4. Cochinilla verde del cafeto

La Cochinilla verde (*Coccus viridis*) también se conoce como la escama verde o conchuela. El daño mayor que causan es cuando las ninfas y los adultos se alimentan con la savia de las plantas, disminuyendo su vigor. Las cochinillas producen y excretan una sustancia azucarada, que favorece el crecimiento del hongo *Capnodium sp.* (Fumagina) que da una apariencia ennegrecida al follaje y que interfiere en el proceso fotosintético de los cafetos. Generalmente atacan el envés de las hojas a lo largo de la vena principal, tanto de la planta madura como de brotes jóvenes. Cuando el ataque es intenso, se pueden usar algunos insecticidas como: Clorpirifos (Lorsban), Permetrina (Decis), Oxydemeton metil (Metasystox) ó Diazinon (Basudin), en dosis de un centímetro cúbico/litro de agua.

4.11.5. Áfidos o pulgones

Los Pulgones (*Toxoptera aurantii*) pertenecen al orden Homóptera, familia Aphididae. Son insectos pequeños de color gris oscuro y tienen forma globosa con el hábito de vivir en colonias. Esta plaga también está asociada a la presencia de fumagina. Aunque hay varios enemigos naturales de los pulgones, cuando su ataque es intenso es necesario aplicar insecticidas.

4.12. LABORES DE CULTIVO

En el vivero de café, durante todo el tiempo, hay que dar atención oportuna a las labores de cultivo, para asegurar un vigoroso crecimiento de las plántulas (Duicela *et al.* 2004).

La deshierba manual periódica es fundamental para evitar la competencia de las plantitas de café con las malas hierbas. Cuando los viveros son grandes y no hay disponibilidad suficiente de mano de obra para las deshierbas manuales o cuando los ataques de malezas son intensos puede usarse el herbicida selectivo para café, cuyo ingrediente activo es Oxyfluorfen (Goal), en dosis de 50 centímetros cúbicos/bomba de 20 litros.

En el manejo de viveros, se recomienda el ordenamiento en hileras dobles de las plantitas de café, separándolas, en por lo menos, 10 centímetros entre fundas, de tal manera se tengan un mayor espacio para la formación de las primeras ramas plagiotrópicas.

La sombra equilibrada del vivero es clave para tener plantitas uniformes en tamaño y vigor. Sin embargo, hacia las últimas 4 semanas en el vivero; es decir, antes del establecimiento en el campo (trasplante al campo), hay que proceder a la aclimatación. Esta labor se realiza reduciendo progresivamente la sombra del vivero (ya sea de sarán o de cualquier otro material), para que los tejidos de las plántulas se endurezcan y vayan adaptándose al cambio de ambiente.

El estado ideal de una plántula para ser trasplantada en el campo es cuando haya formado un par de ramas o al menos seis pares de hojas verdaderas. La altura de la plántula varía mucho por la naturaleza de la variedad.

La época de trasplante al campo coincide con el inicio de la época de las lluvias en las zonas cafetaleras. Solo si se dispone de riego es factible el establecimiento en otra época del año.

LITERATURA CONSULTADA

- AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, EC). 2012. Manual de procedimientos para el registro y certificación de viveros y material de propagación vegetal de café. Quito, EC, MAGAP. 30 p.
- Campollo E, HR. 1985. Manual de caficultura. Revista Cafetalera Anacafé n° 250: 5-13.
- Domínguez, JC. 2004. Canavalia, más que un frijol blanco (en línea). Diario El Tiempo. Colombia. Consultado 24 mayo 2011. Disponible en <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1571997>
- Duicela G, L; Corral C, R; Amores P, F; Guerrero C, H. 2004. Crianza de plántulas de café en el vivero: Como mejorar la calidad del material de siembra para contribuir al éxito de la renovación de cafetales. Quevedo, EC, INIAP, COFENAC, PROMSA. 36 p. (Boletín Divulgativo n° 317).
- Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
- 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 mayo 2011. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1999E/A1999E.PDF>
- 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.
- 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.
- 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.

5. ESTABLECIMIENTO DE CAFETALES

El establecimiento de cafetales trata del proceso de renovación o nueva siembra, con plántulas criadas en el vivero, la preparación del terreno y la plantación a nivel de campo. La renovación consiste en la sustitución de cafetales viejos e improductivos por una nueva plantación, usando variedades mejoradas y tecnologías apropiadas. La nueva siembra de café se refiere a la preparación del terreno y el establecimiento del cafetal en lugares donde no había este cultivo (Villaseñor 1987).

En los dos casos, se deben considerar algunas recomendaciones para un buen establecimiento del cafetal como: plántulas criadas en el vivero, preparación del terreno, densidad poblacional, diseño de la plantación, trazado y balizado del terreno, apertura de hoyos, fertilización básica, forma de plantar los cafetos, resiembra del cafetal y manejo tecnificado.

5.1. CONDICIONES DE LAS PLÁNTULAS CRIADAS EN EL VIVERO

Las plántulas de café criadas en el vivero, para ser establecidas en el campo, deben tener un buen desarrollo vegetativo y al menos un par de ramas.

Se recomienda que las plántulas, antes de ser llevadas al campo, deban someterse 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.

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.

5.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO

El terreno donde se va a cultivar café debe reunir condiciones apropiadas de suelo y clima para asegurar un buen desarrollo vegetativo y productivo de los cafetos. Las acciones de preparación son: toma de muestra del suelo para análisis químico, eliminación del cafetal viejo, destronque o tumba de los árboles no deseables, deshierba, adecuación o establecimiento de la sombra temporal y permanente, trazado, balizado y apertura de hoyos (Duicela *et al.* 2001).

5.3. DENSIDAD POBLACIONAL

La densidad poblacional se refiere al número de plantas/hectárea de un cultivo. La densidad poblacional depende de las características agronómicas de la variedad, de la fertilidad del suelo, de la profundidad, del grado dependiente del terreno y nivel de tecnología a aplicar (Duicela y Sotomayor 1993). Se recomienda densidades poblacionales altas cuando las variedades son de porte bajo y los terrenos son fértiles, profundos y con tendencia a planos (Cuadro 8).

Se debe prever que habrá "fallas" en el establecimiento; por lo tanto, hay que considerar un 10% adicional de plántulas para hacer las "resiembras".

Cuadro 8. Densidades poblacionales recomendadas para las diferentes variedades de café arábigo.

Variedades	Distancia (metros)		Densidad poblacional (cafetos/hectárea)	
	Entre hileras	Entre plantas	1 planta/sitio	En hileras alternadas de 2 plantas/sitio y 1 planta/sitio
Bourbón Típica Geisha	2,50	1,50	2.667	
	2,25	1,75	2.540	
	2,00	2,00	2.500	
Caturra Pacas Villalobos Catuai Catimor Sarchimor San Salvador	2,00	1,50	3.333	5.000
	2,00	1,25	4.000	6.000
	2,00	1,00	5.000	
	1,75	1,25	4.571	
	1,75	1,00	5.714	
Pache	2,00	1,00	5.000	
	1,75	1,00	5.714	

5.4. DISEÑO DEL CAFETAL

El diseño de la plantación consiste en la indicación gráfica de la forma como se va a establecer el cafetal, los arreglos espaciales del cafetal y las especies de sombra temporal y permanente. La densidad poblacional hace referencia al número de cafetos que se va a plantar en el terreno, situación que depende de las distancias entre plantas y entre hileras (FEDERACAFÉ 1979, Fischersworrning y Roßkamp 2001).

Los cafetales pueden ser establecidos como monocultivos, con sombra especializada (Guaba, u otros árboles) y en policultivos (Figura 22). En el diseño del cafetal debe indicarse la organización de los cafetos, de los cultivos asociados y el arreglo espacial pertinente (Figura 23).

El cafetal con plátano como sombra temporal y los árboles de guaba como sombra permanente es el sistema que ha resultado eficiente en fincas de pequeños productores (Figura 24). Cualquier sistema debe ser planificado e implementado en función de la época lluviosa.

5.4.1. Diseño de cafetales en terrenos planos

El establecimiento de los cafetales en los terrenos planos debe ser planeado para hacer un eficiente uso del terreno, definiendo las densidades poblacionales en función de las variedades y las condiciones ambientales de las localidades. Se recomienda elaborar un croquis de campo, indicando gráficamente la forma en que se va a establecer el cafetal.

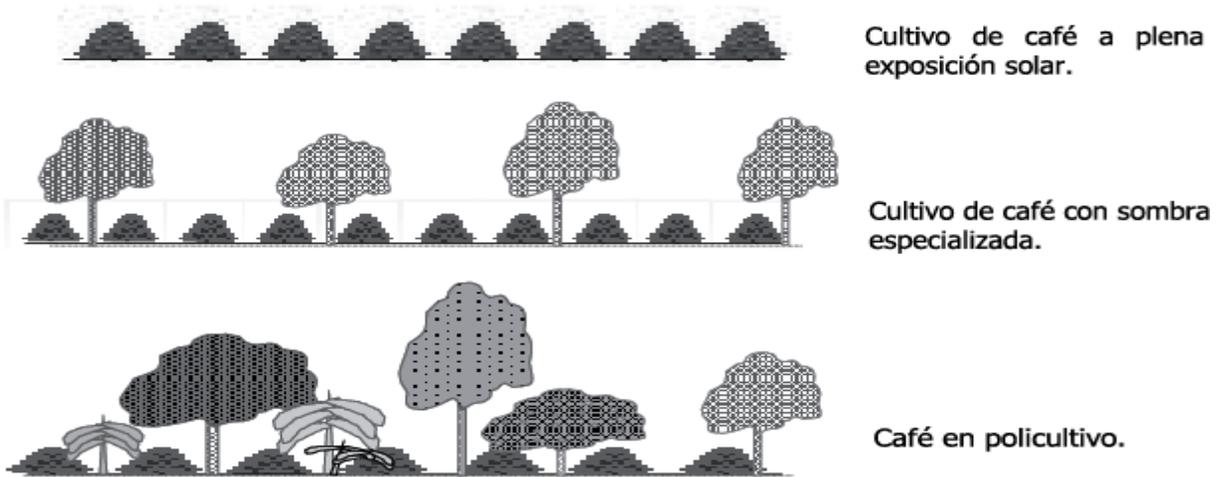


Figura 22. Sistemas de cultivos asociados al cafetal.

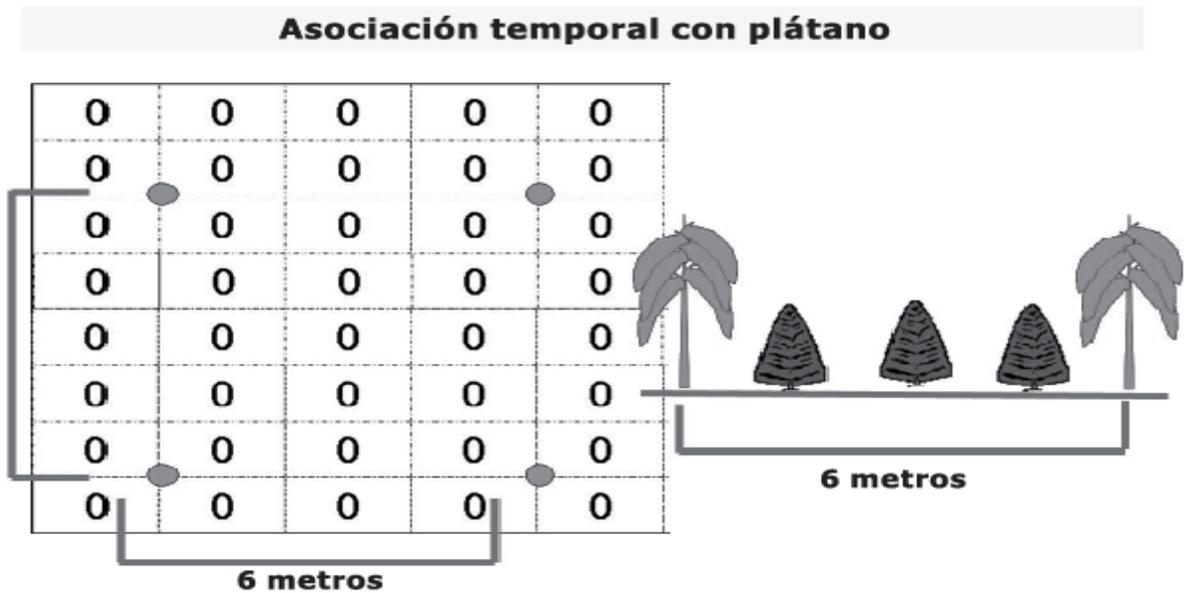


Figura 23. Diseño de un cafetal asociado con plátano.

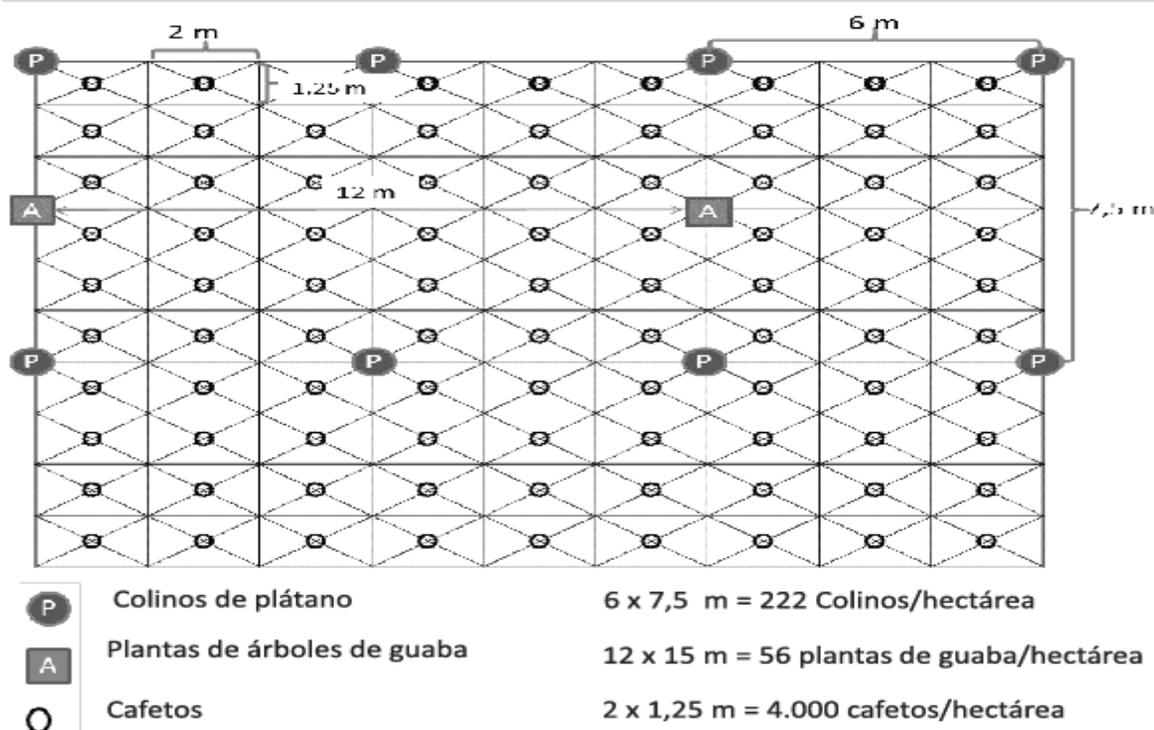


Figura 24. Diseño del cafetal con plátano y guaba.

5.4.2. Diseño de cafetales en terrenos con pendiente

En terrenos de ladera con diferentes grados de pendiente se deben establecer los cafetales en "curvas a nivel", esto significa que las hileras del cafetal deben estar en posición perpendicular a la pendiente.

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 las restricciones del uso de la tierra.

Los terrenos con pendientes mayores a 45 grados deben ser usados para la siembra de árboles de valor comercial y de conservación.

5.4.3. Determinación de la gradiente del terreno.

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

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.

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

- 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.

El conocimiento de la gradiente permite definir las distancias a las que se deben establecer las hileras del cafetal "en curvas a nivel".

5.5. ELABORACIÓN Y USO DE NIVELES ARTESANALES

Los niveles que se pueden usar para el trazado de las "curvas a nivel" son: el nivel de "manguera", el nivel en "A" y el nivel de "caballete".

5.5.1. "Nivel de manguera"

Materiales que se requieren para construir el "nivel de manguera":

- Dos tiras de caña guadua o madera de 1,70 metros.
- Cinco metros de manguera transparente de ¼ de pulgada.
- Una cuerda o piola para amarrar.
- Un marcador.
- Agua.

El procedimiento de construcción del nivel de "manguera" es el siguiente:

- Juntar las dos tiras de caña o madera (en una superficie plana), en forma paralela, hasta que coincidan las puntas.
- Marcar en las tiras de caña o palos, una línea de referencia para el nivel, a la altura del ojo del observador (1.50 - 1.60 m).
- Amarrar los extremos de la manguera a las puntas de las tiras con la piola.
- Llenar la manguera con agua, observando que ésta suba hasta las marcas señaladas en las tiras de caña o palos (sin burbujas).

Forma de usar el nivel de "manguera":

- Con una piola, trazar una "línea guía" en el centro del terreno pendiente.
- Sobre esta línea se clavan las estacas (latillas) que constituyen los "puntos guías" para el trazado. La distancia aproximada entre curvas es de cuatro veces la distancia entre hileras. Por ejemplo: si se va a sembrar café a 2 metros entre calles, se clavarán las estacas cada 8 metros.
- A partir de estos "puntos guías" se trazan las líneas en contorno, fijando los sitios donde se van a realizar los hoyos; es decir, la distancia entre plantas.
- Para realizar esta labor se debe ubicar el nivel de manguera en el "punto guía" hacia la mitad de la pendiente y mantenerla fija.
- Para encontrar el nivel de la segunda latilla, se corre ésta transversalmente, moviendo cuidadosamente hacia arriba o hacia abajo, hasta que las burbujas de agua en los dos extremos de la manguera coincidan simultáneamente en la marca de 1.50-1.60 metros.
- Encontrado el nivel se procede a marcar el punto con una estaca.
- El procedimiento continúa, tomando como guía el nuevo punto encontrado, repitiendo el proceso de nivelación con la manguera, hasta el límite de la parcela.

- Los puntos marcados deben ser corregidos visualmente, tratando de dar forma curva a la línea perpendicular a la pendiente.
- Sobre estos puntos se aconseja templar una piola, sobre la cual se van estableciendo los espacios entre sitio, según la distancia entre plantas que se haya definido.
- Las siguientes hileras se definen de forma paralela a la primera línea marcada, repitiendo el procedimiento.

5.5.2. "Agronivel"

Materiales que se requieren para construir el "agronivel" o nivel en A:

- Dos tiras de madera o palos delgados de 2,00 metros y uno de 1,10 metros.
- Tres clavos de 3 pulgadas, dos metros de piola y una piedra mediana (u otro peso como plomada).

Procedimiento para la construcción del "agronivel":

- Colocar las tiras o palos (de 2,0 m) sobrepuestas y clavarlas en un extremo, a cinco centímetros debajo de las puntas, dejando que sobresalga ligeramente el clavo.
- Abrir los extremos de los palos o tiras no clavados, hasta una separación de dos metros.
- Marcar las dos tiras en la mitad; es decir a un metro de altura. En este punto se clava el travesaño (tira de 1,10 m), dando la forma de "A".
- Amarrar la piola en el vértice, donde sobresale el clavo que une las dos tiras de madera.
- Amarrar en el otro extremo de la piola un objeto pequeño (piedra o perno), que sirva como plomada, sobrepasando unos 20 centímetros abajo del travesaño.
- Para calibrar el "agronivel" se colocan "latillas" o estacas en los puntos de apoyo (patas), procurando empíricamente que estén "a nivel".
- Marcar sobre el travesaño, el lugar por donde pasa la piola de la plomada, una vez que esta se encuentre estable.
- Dar una vuelta completa al "agronivel", cambiando la posición de los puntos de apoyo y volver a marcar el lugar por donde pasa la piola de la plomada.
- De esta manera, se tendrán dos puntos de referencia en el travesaño del "nivel en A". Posteriormente se marca un nuevo punto, en el centro de las dos marcas anteriores, el mismo que indica el "punto de nivel".

Forma de usar el "agronivel":

- Trazar una "línea guía" con una piola, en el centro de la pendiente de arriba hacia abajo.
- Sobre esta línea, clavar estacas como "puntos guía", a una distancia igual a cuatro veces el distanciamiento entre hileras. Por ejemplo, si se va a sembrar café a 2 metros entre calles, se clavarán las estacas cada 8 metros. A partir de estos "puntos guías" se trazan las líneas en contorno de abajo hacia arriba.
- Colocar una "pata" del agronivel en el "punto guía" y mantenerla fija. La otra "pata" se moverá hacia arriba o hacia abajo, buscando que coincida con la marca del nivel de la plomada. Encontrado el nivel colocar una estaca o latilla.

- Para encontrar el nivel del siguiente punto se corre el agronivel transversalmente, fijando la una "pata" y moviendo cuidadosamente la otra hacia arriba o hacia abajo, hasta encontrar un nuevo nivel.
- Los puntos marcados con las "latillas" deben ser corregidos visualmente, tratando de dar una forma de curva. Sobre estos puntos se aconseja templar una piola, sobre la cual se van estableciendo los espacios entre plantas, según la distancia predefinida.
- Las siguientes hileras se definen de forma paralela a la primera línea marcada, repitiendo el procedimiento.

5.5.3. Nivel de "caballete"

El nivel de "caballete" es otro instrumento que se usa para trazar líneas en contorno en los terrenos de ladera.

Materiales usados para construir el nivel de "caballete":

- Dos tiras de madera de 1,20 metros y 10 centímetros de ancho.
- Una tira de madera del mismo ancho pero de 2,0 metros de largo.
- Una tira adicional de 50 centímetros de longitud y de 5 centímetros de ancho.
- Un nivel de burbuja.

Procedimiento para la construcción del "caballete":

- Clavar las dos tiras de madera de 1,20 metros en los extremos de la tira de madera de 2,00 metros.
- Marcar el centro de la tira de madera de dos metros (travesaño) y pegar con cola o fijar con tornillos el "nivel de burbuja", de manera que quede fijo.
- En una de las "patas" del caballete, adaptar una pata regulable, de diez marcas separadas a un centímetro. Esto sirve para determinar las curvas de nivel con grados de inclinación.

Uso del "nivel de caballete" para el trazado de las curvas a nivel:

- Definir una "línea madre" con una piola, en el centro de la pendiente.
- Hacia el centro de la línea madre, definir un punto hacia la parte media y clavar una estaca guía.
- Colocar una de las "patas" del nivel de caballete, junto a la estaca clavada.
- La otra pata del caballete se debe mover hacia arriba o hacia abajo del terreno, observando que esté en contacto con el suelo.
- El nuevo punto se determina cuando la burbuja del nivel esté en el centro.
- Clavar una nueva estaca en este punto y repetir el proceso hasta trazar la curva en el terreno.
- Corregir visualmente los puntos marcados, dando forma curva a la línea definida. Para realizar esta operación se recomienda usar una piola que se coloca junto a las estacas e indica la curva a nivel.
- Las siguientes hileras se definen de forma paralela a la primera línea marcada, repitiendo el procedimiento.

5.6. TRAZADO Y BALIZADO DEL TERRENO

El *trazado* es la indicación de los puntos donde se ubicarán los cafetos. 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 conoce con el nombre de "balizas".

El diseño, 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 diseño, trazado y balizado para establecer cafetales en terrenos de ladera debe hacerse en curvas a nivel con el propósito de conservar el suelo (Figura 25).

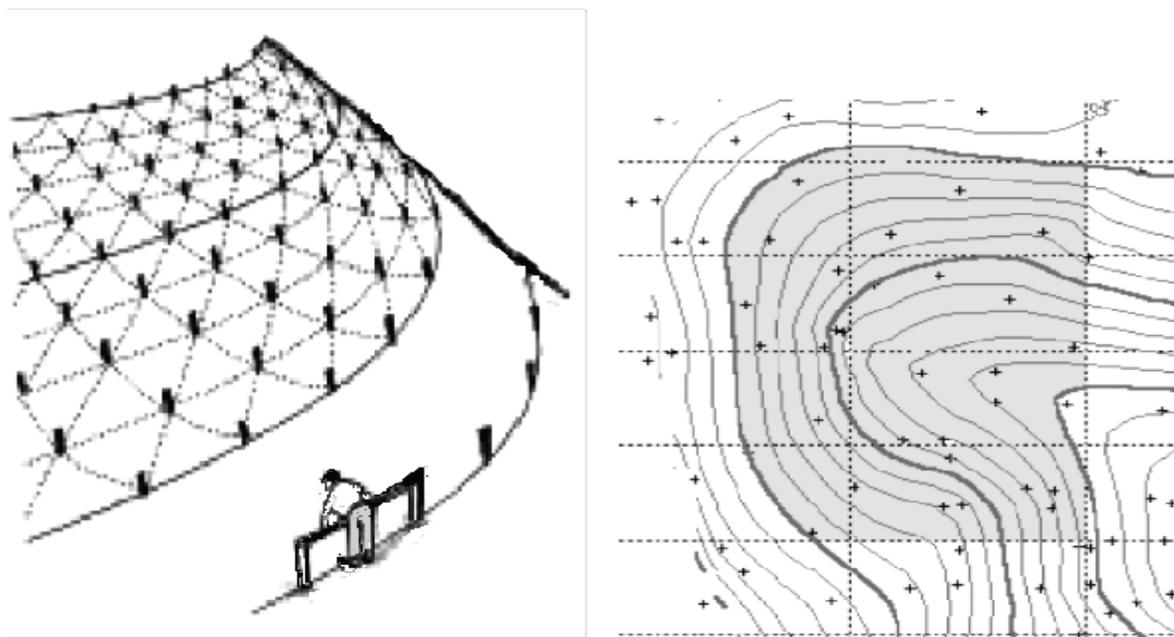


Figura 25. Diseño de un cafetal en "curvas a nivel".

5.7. 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.

Los hoyos deben tener las siguientes dimensiones: 30 x 30 x 30 centímetros; esto significa hoyos de 30 centímetros de largo, ancho y profundidad.

Cuando se usa abre hoyos motorizado, el diámetro y la profundidad deberán tener 30 centímetros. Cuando se planea, plantar dos cafetos/sitio, se debe ampliar el ancho de los hoyos a por lo menos 40 centímetros.

Para facilitar la apertura de los hoyos, tanto en forma manual como mecánica, el suelo deberá estar ligeramente húmedo; por lo tanto, es conveniente realizarlo al inicio de la época lluviosa.

5.8. FERTILIZACIÓN BÁSICA AL MOMENTO DE PLANTAR

La fertilización básica, al momento de plantar los cafetos, es una práctica fundamental para asegurar una alta productividad. Se recomienda la aplicación de 100 a 150 gramos/hoyo del abono químico 10-30-10, 18-46-0 u otro fosfatado, de preferencia mezclado con una porción de compost, de 1 a 2 kilos/hoyo (Cuadro 9).

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

El uso de enmiendas y acondicionadores del suelo; así como, la fertilización química u orgánica, debe basarse en un diagnóstico de la fertilidad y del grado de acidez del suelo; información que se obtiene mediante el análisis químico del suelo.

En la Foto 14, se indican algunas labores en el establecimiento de cafetales.

Cuadro 9. 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	<ul style="list-style-type: none"> Recoger la tierra superficial, negruzca y rica en materia orgánica, junto al hoyo de 30 x 30 centímetros. Incorporar el abono químico y/o el abono orgánico a la tierra recogida. Adicionar la cal, yeso o ceniza al montículo si hay información de que los suelos son ácidos.
Estiércoles descompuestos; compost o humus de lombriz	gramos	1.000-2.000	<ul style="list-style-type: none"> Mezclar e incorporar una parte al fondo hasta un nivel adecuado para 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 o ceniza	gramos	50-100	<ul style="list-style-type: none"> 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.

5.9. FORMA DE PLANTAR EL CAFETO

Para plantar el cafeto, el "pan de tierra" debe estar ligeramente húmedo, se rompe la funda de polietileno (usando un machete, navaja o cuchillo) y se la retira sin disgregar el "pan de tierra". En el caso de constatar raíces fuera de la funda o un sistema radical abundante en la parte inferior, se realiza una poda de raíz, cortando con un machete, cuchillo, navaja o tijera de podar.

El procedimiento de plantar es el siguiente: primero se coloca en el fondo del hoyo, una porción de la tierra enriquecida con los abonos y enmiendas⁶; luego hay que colocar la planta en el centro del hoyo y añadir la tierra enriquecida alrededor del cafeto, presionando fuertemente para evitar queden las llamadas “bolsas de aire” que pueden ocasionar la muerte del cafeto (Duicela *et al.* 2001).

Al plantar el cafeto hay que enterrar el sistema radical hasta el nivel del “cuello” el mismo que debe coincidir con el nivel del suelo.

Una práctica muy beneficiosa para asegurar la sobrevivencia y buen desarrollo de los cafetos, en los primeros meses de crecimiento, es colocar cobertura vegetal seca (mantillo) sobre el suelo, alrededor de la parte basal del cafeto plantado.

5.10. RESIEMBRA DEL CAFETAL

La resiembra del cafetal debe ser una práctica obligada en el primer año de establecimiento y tiene el propósito de homogenizar la plantación, evitando las “fallas” que alteran la densidad poblacional.

La época adecuada para resembrar cafetales es la época lluviosa. Para la resiembra se deben usar plantas sanas, vigorosas y bien formadas, criadas en el vivero y clasificadas según su desarrollo vegetativo.

5.11. MANEJO TECNIFICADO DEL NUEVO CAFETAL

La implementación de prácticas de conservación de suelo, fertilización, control de problemas fitosanitarios, manejo ecológico de malezas, uso de coberturas vivas o de “acolchados”, regulación de sombra, podas y riego, entre otras labores de cultivo, favorecen el crecimiento y productividad de los cafetales.

⁶. Según recomendaciones para la fertilización básica de los cafetos, al momento de plantar se puede adicionar hidrogeles que retienen la humedad en el suelo.



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



Fertilización básica



Cafeto plantado

Foto 14. Establecimiento de cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

- 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.
- Duicela Guambi, L; Corral Castillo, R; Fernández Anchundia, F. 2001. Producción de café arábigo: Guía para el caficultor ecuatoriano. Portoviejo, EC, COFENAC. 98p.
- 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.
- Fischersworrning Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworrning. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
- Villaseñor Luque, A. 1987. Caficultura Moderna en México. Ed. A Sáenz. Texcoco, MX, Sáenz Colín y Asociados. p. 133-155.

6. ASOCIACIÓN TEMPORAL Y PERMANENTE DEL CAFETAL

En un cafetal en crecimiento, hasta los 18-24 meses después del establecimiento, se puede aprovechar los espacios entre hileras, sembrando cultivos de ciclo corto, plátano, banano, frutales, árboles maderables y de servicios ambientales, en asociación temporal o permanente, organizados en diversos "arreglos espaciales" (Fischersworing y Roßkamp 2001).

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

Durante el crecimiento de los cafetales, es conveniente aprovechar los espacios entre hileras cultivando especies de ciclo corto (maíz, maní, fréjol o arroz) u hortalizas (tomate, pimiento o sandía).

Esta práctica permite usar eficientemente el suelo, favorecer el cultivo de café a través del laboreo de los cultivos asociados, generar ingresos económicos y trabajo; así como, asegurar alimento para la familia y el mercado local (Duicela *et al.* 2004).

6.2. ASOCIACIÓN DE CAFETALES EN CRECIMIENTO CON FRÉJOL DE PALO

La siembra de fréjol de palo o guandul (*Cajanus cajan*), una especie leguminosa de tipo arbustivo, como sombra provisional en los cafetales en crecimiento, es una práctica beneficiosa para el suelo y los cafetos.

La época más apropiada para la siembra del guandul es hacia el término de la época lluviosa. La siembra debe hacerse hacia la parte central de los espacios entre hileras, colocando de tres a cuatro semillas por sitio, a un distanciamiento de 50 a 100 centímetros entre sitios.

Esta leguminosa crece rápidamente con la humedad remanente y protege a los cafetos de las insolaciones fuertes que ocurren durante la época seca, conserva la humedad y temperatura del suelo e impide el desarrollo de las malas hierbas. Si no se protegen los cafetos en crecimiento con el follaje denso del guandul, las insolaciones y la falta de agua pueden provocar una alta mortalidad de las plantas a causa del estrés hídrico.

Al iniciar la nueva época lluviosa, el guandul debe ser cortado, repicado y colocado en los espacios entre hileras del cafetal, en forma de acolchado o mantillo. Con esta práctica se hace un aporte significativo de biomasa, que al descomponerse proporciona nutrimentos a los cafetos.

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

6.3. ASOCIACIÓN DE CAFETALES CON PLÁTANO O GUINEO

La asociación temporal de cafetales con plátano o guineo es una práctica que 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 desarrollo y producción eficiente, por lo que se recomienda sembrar al inicio de la época lluviosa (Duicela y Sotomayor 1993).

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 (Duicela *et al.* 2004).

6.4. ASOCIACIÓN DE CAFETALES CON FRUTALES

Un cafetal, durante la fase crecimiento puede asociarse con frutas tropicales como papaya o maracuyá, en un ordenamiento espacial adecuado, evitando las interferencias o competencia por espacio, agua, luz y nutrimentos.

Los frutales como: naranja, limón, mandarina, chirimoya, aguacates deben establecerse, de manera preferencial, en los linderos de los lotes de cafetales o en franjas separadas por una conveniente distancia.

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 (Duicela y Sotomayor 1993).

En todos los casos, hay prácticas fundamentales que se deben tener presente cuando se asocian los cafetales con frutales y que tienen relación a los "arreglos espaciales", la selección de los materiales de siembra, las condiciones de suelo y clima locales, las labores de cultivo y las circunstancias del mercado.

6.5. CAFETALES ARBOLADOS

En el Ecuador, el cultivo de café se desarrolla y produce bien cuando tiene una sombra regulada de leguminosas como guaba o faique, antes que en cafetales a plena exposición solar. La proporción de asimilación neta de la energía solar resulta mayor bajo condiciones de luminosidad moderada del cafetal que a pleno sol.

El establecimiento de cafetales arbolados constituye una eficiente práctica de conservación de suelo, puesto que la biomasa proporcionada por los árboles de sombra cubre la superficie del terreno reduciendo la erosión y enriqueciendo el suelo con materia orgánica (Villaseñor 1987).

Las leguminosas más difundidas como árboles de sombra en cafetales son las guabas, especialmente la guaba de bejuco (*Inga edulis*).

La densidad de árboles en los cafetales está en función de los objetivos del productor. Para evitar interferencias de los árboles de sombra con el cafetal, deben sembrarse a distanciamientos de 12 x 12 metros (69 árboles/hectárea), 10 x 15 metros (67 árboles/hectárea), 12 x 15 metros (56 árboles/hectárea), 15 x 15 metros (44 árboles/hectárea) y 20 x 15 metros (33 árboles/hectárea).

La sombra permanente acompaña al cafetal durante su vida productiva y necesita de cuidados específicos. En el manejo de los árboles de sombra, se debe incluir labores como: el corte de las ramas bajas (poda) y protección inmediata de las heridas con una pasta cúprica o ceniza (Duicela *et al.* 2001).

En algunas zonas ubicadas en las estribaciones orientales y occidentales de la cordillera de Los Andes, donde frecuentemente hay una alta nubosidad, la cantidad de árboles de sombra puede reducirse considerablemente, inclusive puede cultivarse café a plena exposición solar.

En el Cuadro 10, se exponen algunas especies arbóreas que se encuentran asociadas a los cafetales arábigos.

Los cafetales arbolados se organizan de distintas formas: Los árboles se pueden intercalar dentro del cafetal, plantar en los linderos del cafetal, establecer en franjas (por ejemplo: 20 hileras de cafetales y dos filas de árboles), entre otras.

Cuadro 10. Especies arbóreas que se asocian al cultivo de café.

Nombre común	Nombre científico
Guaba de bejuco	<i>Inga edulis</i>
Fernansánchez	<i>Triplaris cumingiana</i>
Pachaco	<i>Schizolobium parahiba</i>
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>
Aliso	<i>Alnus spp.</i>
Faique	<i>Acacia macracantha</i>
Eritrina, bombón	<i>Erythrina poeppigiana</i>

Un agricultor se expresó de la siguiente manera: “Viendo la deforestación del lugar, uno decide sembrar árboles, para no ver todo tan descubierto, experimentar la mezcla de cultivos como café con cítricos y forestales. El cambio se nota en el tamaño de los árboles, el café mejora, hay más frescura y sanidad del cultivo. El árbol le da una buena sombra. Las hojas de los árboles ayudan con el abono orgánico al suelo y este favorece al café y a los naranjos” (PRODAF 1995).

En la Foto 15, se pueden observar algunas asociaciones de cultivos con cafetales; que sirven como referencia para diseñar e implementar sistemas de cultivos.



Árboles en los linderos



Sistemas agroforestales



Cafetal con plátano



Cafetal con papaya



Cafetal con arroz



Cafetal con maracuyá

Foto 15. Asociación de cafetales con algunos cultivos.

LITERATURA CONSULTADA

- 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. 65-76.
- Duicela Guambi, L; Corral Castillo, R; Fernández Anchundia, F. 2001. Producción de café arábigo: Guía para el caficultor ecuatoriano. Portoviejo, EC, COFENAC. 98 p.
- 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. Ecuador, COFENAC, PROMSA. p. 61-65.
- Fischersworrning Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworrning. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
- PRODAF. 1995. Los que a buen árbol se arriman...Puriscal C. R. PRODAF. 186 p.
- Villaseñor Luque, A. 1986. Caficultura Moderna en México. Ed. A Sáenz. Texcoco, MX, Sáenz Colín y Asociados. p. 133-155.

7. RIEGO EN CAFETALES

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).

Cuando la transpiración es mayor que la absorción ocurre el déficit hídrico y el balance es desfavorable para la planta (Carvajal *et al.* 1995, Jaramillo 1988). Los factores que inciden en la absorción de agua y en la transpiración también inciden en el balance hídrico y tiene efectos directos en el crecimiento y la producción del cafetal.

7.1. REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LOS CAFETALES

Las necesidades de agua están relacionadas con la textura 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 (Honorato 2000, García 1985).

Una precipitación anual de 1.200 a 2.000 milímetros, bien distribuida en un período de 6 a 8 meses al año, es considerado óptimo para la producción de café arábigo (Enríquez 1993).

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 usando residuos vegetales.

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 proporcionar un riego intenso para inducir la floración. De otra manera, la floración ocurrirá con las lloviznas que ocurran en forma natural. En el caso de aplicar riego en el cafetal, hay que regar regularmente para asegurar el buen desarrollo inicial de los frutos (De Sá 2009). Con el inicio de la época lluviosa se desarrollará el fruto hasta la etapa de maduración.

La fertirrigación en los cafetales ha mostrado resultados positivos en el incremento de los rendimientos, siempre que las decisiones estén apoyadas en los análisis químicos de los suelos y en los análisis foliares, para proporcionar los nutrimentos a los cafetos, 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 (INFOAGRO s.f.).

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 atmósferas).

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" (Motato *et al.* 2009).

7.2. 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.

La fertirrigación en los cafetales ha mostrado resultados positivos en el incremento de los rendimientos, siempre que las decisiones estén apoyadas en los análisis químicos de los suelos y en los análisis foliares, para proporcionar los nutrimentos a los cafetos, 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 (INFOAGRO s.f.).

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 atmósferas).

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" (Motato *et al.* 2009).

7.2. 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.

Las plantas pueden tolerar períodos cortos de sequía, siempre y cuando el suelo tenga buena reserva de humedad. Una falta prolongada de agua en un cultivo provoca pérdidas en la producción y afecta la calidad del producto (Enríquez 1993).

En la Foto 16, se indica algunas prácticas de riego en viveros de café y en cafetales en crecimiento.

7.3. SISTEMAS DE RIEGO

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

7.3.1. 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 (Carretero *et al.* 2002).

Para lograr una correcta aplicación del riego, deben 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 (Carretero *et al.* 2002).

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.

7.3.2. 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 (Carvajal 1984, Pinto y Pinto 2009). Para cubrir las necesidades del cultivo, en la época seca es necesario irrigar de 5 a 10 horas por semana.

7.3.3. 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 (Pinto y Pinto 2009). 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 (Romero 2005).

7.4. 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 regadío⁷ 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 (Motato *et al.* 2009).

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 (UAE y PROMSA 2004).

⁷. Los análisis de agua deben realizarse en laboratorios acreditados para este propósito.

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 (UAE y PROMSA 2004).

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

Cuadro 11. Patrones 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.

7.5. OTRAS TECNOLOGÍAS DE MANEJO DEL AGUA

En la actualidad, en la agricultura, se está promoviendo el uso de polímeros absorbentes conocidos como "hidrogel", que por su alta capacidad de hidratación, mantiene la humedad en el suelo proporcionando agua a las plantas, en forma progresiva, cuando éstas requieran.

Las raíces de las plantas no se saturan de agua porque las partículas expandidas del hidrogel la retienen y todo exceso del líquido vital puede circular libremente alrededor de ellas. El retenedor de agua o hidrogel se mantiene activo por varios ciclos de hidratación y deshidratación (Lin 2008).

Se recomienda mezclar los fertilizantes a usar en el establecimiento del cafetal (fertilización básica) con el hidrogel y la tierra al momento de plantar para que esté incorporada al sistema radical. Hay que asegurar una intensa hidratación en la parte basal de los cafetos plantados, ya sea basada en la lluvia natural o en el riego dirigido, para que el hidrogel se hidrate y retenga el agua en el suelo.



Captación de agua para riego



Riego "con regadera" en viveros



Riego "con balde" en cafetos en crecimiento



Riego por surco



Riego por aspersión



Riego por goteo en cafetales "en crecimiento"

Foto 16. Riego en cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

- Carretero Cañado, I; Doussinague, C; Villena Fernández, E. 2002. Labores de cultivo: Riego. Enciclopedia Técnico en Agricultura. Madrid, ES, Cultural. p. 410-434.
- 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.
- Carvajal, JF. 1984. Cafeto: Cultivo y fertilización. 2 ed. Costa Rica, Instituto Internacional de la Potasa. p. 85-87, 143-144.
- De Sá, NSA. 2009. Riego de cafetales en Ecuador. COFENAC 2 (3): 8-11.
- 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.
- García Rivera, I. 1985. Programación del riego. Lima, PE, INIPA. 32 p. (Serie Boletín Técnico año 4 - nº 2).
- Honorato P, R. 2000. Manual de edafología. 4 ed. México, Alfaomega. p. 75-124.
- INFOAGRO. s.f. Criterios para la aplicación de fertilizantes en riego localizado (en línea). Consultado 18 mayo 2011. Disponible en http://www.infoagro.com/abonos/riego_localizado.htm
- Jaramillo, A. 1988. Características climáticas de la zona cafetalera. *In* Tecnología del Cultivo de Café. Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. CENICAFÉ. p. 4-55.
- Lin, P. 2008. Hidrogel de alta capacidad para uso en agricultura, vivero y jardín (en línea). México. Consultado 18 jul. 2011. Disponible en <http://redeparedede.com.mx/quadalajara/en-venta/campo-jardin/posts/hidrogel-de-alta-capacidad-para-uso-en-agricultura-vivero-jardin-167179>
- 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).
- Pinto Villanueva J; Pinto Díaz, I. 2009. Sistemas de riego (en línea). Atlantic International University. Consultado 19 mayo 2011. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/22188777/Riego-Por-Goteo>
- Romero Z, JL. 2005. Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo (en línea). Arequipa, PE, PREDES. Consultado 20 mayo 2011. Disponible en http://www.predes.org.pe/cartilla_riegogoteo.pdf
- 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).

8. FERTILIZACIÓN DE CAFETALES

En los suelos cafetaleros, 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. En estas circunstancias, hay que planificar e implementar un conjunto de prácticas de manejo del suelo, en general, y de mejora de la fertilidad, en particular.

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 y otras formas de mejorar la fertilidad de los suelos.

8.1. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES DE LA FINCA

En el mapa de la finca (mapa actual) se deben identificar las áreas donde hay erosión severa, inclusive de las cárcavas (zanjas que ocasionan las escorrentías, arrastrando suelo producto de la erosión) y desagües naturales.

Con esta información se puede planificar la conservación de los suelos, ubicación de las zanjas de desviación, reforestación en los terrenos de ladera, establecimiento de cortinas rompe vientos, protección de las fuentes de agua y construcción de reservorios.

8.2. 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.

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 (Monroig s.f., INPOFOS 1993).
- 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 (INPOFOS 1993).
- El Potasio (K) favorece la formación y la calidad de los frutos; el balance hídrico; y proporciona resistencia a las enfermedades (INPOFOS 1993).
- El Magnesio (Mg) es componente de la clorofila (color verde); por lo tanto influye en el desarrollo foliar y la germinación de las semillas (INPOFOS 1993).
- El Calcio (Ca) interviene en la formación de proteínas, crecimiento de la semilla y maduración de los frutos (Monroig s.f.).
- El Azufre (S) contribuye a la formación de proteínas, clorofila, vitaminas y enzimas. Ayuda al desarrollo de las raíces y la producción de semillas (IPNI 2011a, Monroig s.f.).
- El Zinc (Zn) promueve la producción de hormonas/enzimas y favorece el crecimiento de la planta (Monroig s.f., INPOFOS 1993).
- El Cobre (Cu) ayuda a la formación de la clorofila y cataliza varios procesos en las plantas (Imexcor s.f.a).
- El Hierro (Fe) favorece la formación de la clorofila (Monroig s.f.).

- 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 (Imexcor s.f.b).
- El Boro (B) favorece el desarrollo de nuevas raíces y flores; así como, la fructificación (INPOFOS 1993).

La detección de las deficiencias o de los excesos de los nutrimentos 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 12). En la Foto 17, se puede observar los síntomas de deficiencias nutricionales en el cafeto.

Cuadro 12. Descripción de los síntomas de deficiencias (-) y excesos (+) 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 (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1993. Diagnóstico del Estado Nutricional de los Cultivos. Quito, Ec. p. 29-30.



Deficiencia de Nitrógeno



Deficiencia de Fósforo



Deficiencia de Potasio



Deficiencia de Magnesio



Deficiencia de Zinc



Deficiencia de Hierro



Deficiencia de Calcio



Deficiencia de Azufre



Deficiencia de Boro

Foto 17. Síntomas de deficiencias nutricionales en el café.

8.3. 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 y contenido de nutrimentos, realizar las enmiendas y aplicar los abonos adecuados, según los requerimientos del cultivo (Osorio s.f., IPNI 2011b).

El proceso de muestreo de suelos para análisis químico, según Roberts y Henry (2000) 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.

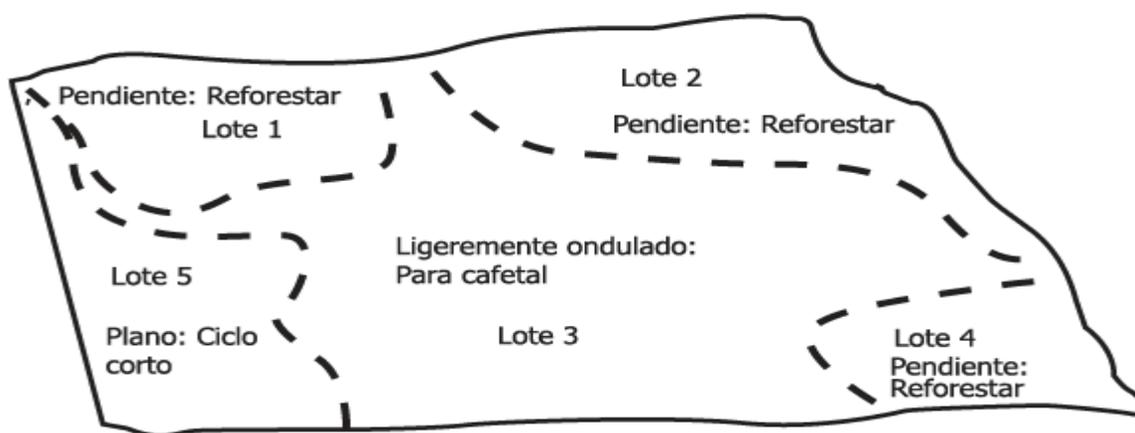


Figura 26. Diagrama de los lotes en la finca.

- 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).

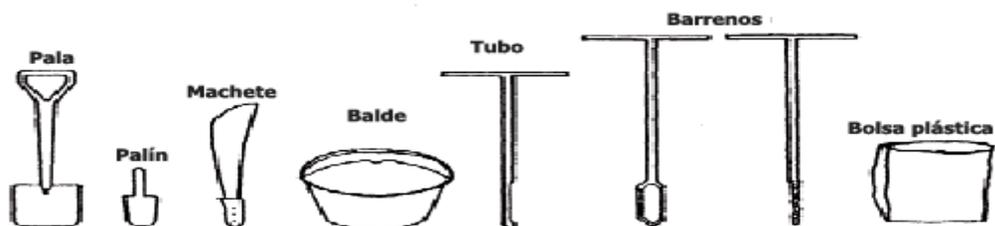


Figura 27. Herramientas para el muestreo de suelos.

- Cada sub-muestra debe contener el mismo volumen de suelo, que incluya un segmento desde la superficie hasta la profundidad referida para el cultivo⁸.
- 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.

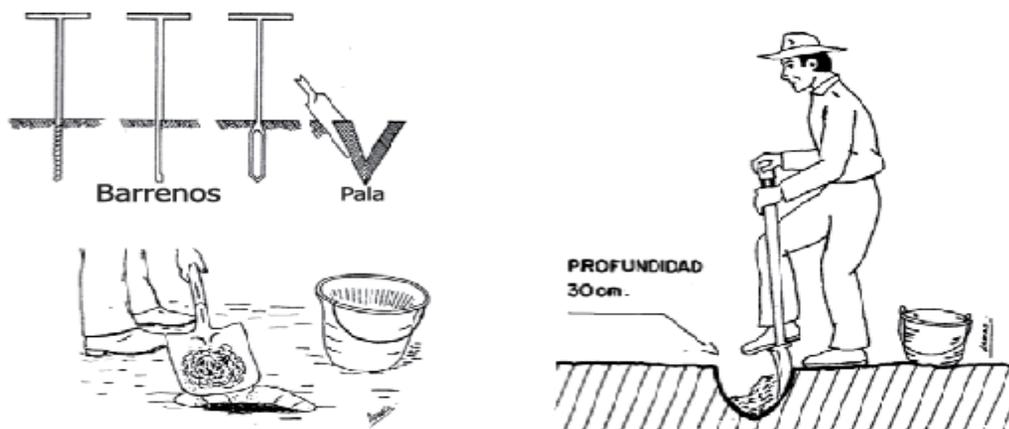


Figura 28. Forma de muestreo de suelos.

⁸. La profundidad de muestreo de suelos para pastos es de 0 a 10 centímetros, para cultivos de ciclo corto es de 0 a 20 centímetros y para cultivos perennes es de 0 a 30 centímetros.

- 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 (Osorio s.f.).
- El muestreo de suelos debe efectuarse cada dos o tres años en los cultivos perennes.



Figura 29. Identificación de la muestra de suelo.

8.4. 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 sobre la textura, acidez (pH del suelo), contenido de nutrientes, relaciones de cationes intercambiables y porcentaje de materia orgánica.

8.4.1. 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 arábigo son: franco, franco arcilloso, franco arenoso y franco limoso.

8.4.2. Información sobre la acidez del suelo

La acidez del suelo se mide a través del pH. El pH adecuado para café está en el rango de 5,6 a 6,5. Cuando los suelos tienen pH arriba de 6,5, hay que reducirlo usando estiércoles descompuestos o abonos de reacción ácida. Cuando se tienen niveles de pH debajo de 5,5; es decir los son suelos ácidos o muy ácidos hay que aplicar enmiendas como carbonato de calcio, dolomita o cenizas.

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

8.4.3. 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 del análisis químico de suelos 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 = Rojo
- Contenido "medio" del elemento = Amarillo
- Contenido "alto" del elemento = Verde

Los resultados del análisis químico de una muestra de suelo (Figura 30), el laboratorio lo reporta de la siguiente manera:

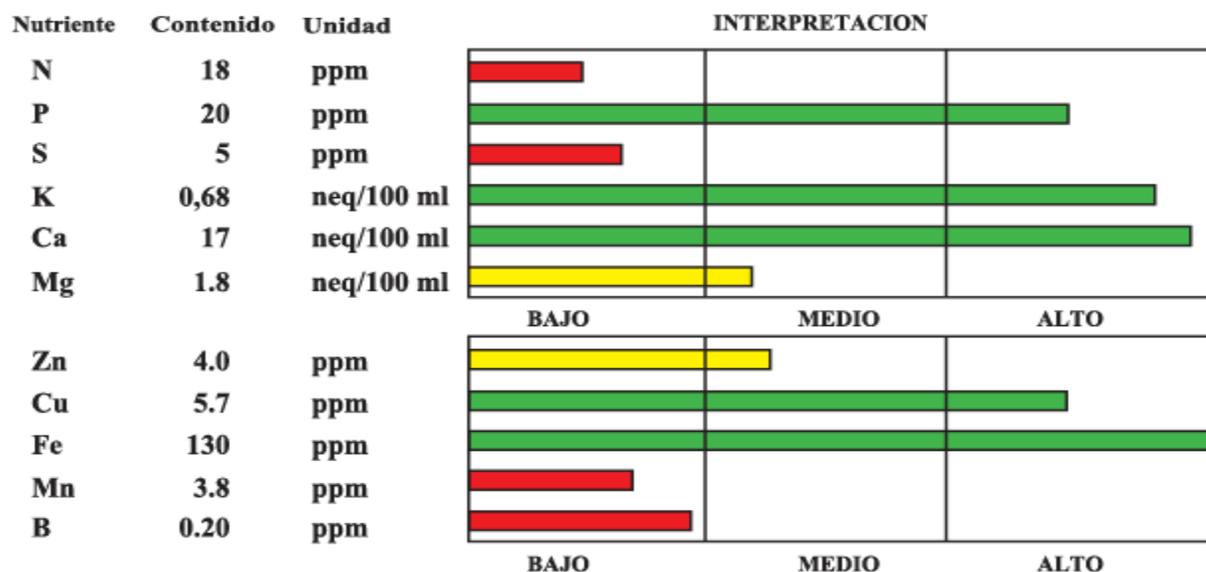


Figura 30. Resultados del análisis químico del suelo.

8.4.4. 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 13, se indican los rangos adecuados de las relaciones de cationes para el cultivo de café arábigo. La información sobre las relaciones entre cationes y los contenidos de nutrimentos en el suelo orientan la formulación de recomendaciones del uso de fertilizantes.

Cuadro 13. Relaciones de cationes intercambiables adecuados para el café arábigo.

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 y Mg
		Si 15 < 30	Suelo normal
		Si >30,0	Suelo rico en K, Ca y Mg

Fuente: Laboratorio de Suelos de la EET Pichilingue del INIAP.

8.5. 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 (IPNI 2011b).

El procedimiento de muestreo de hojas (Osorio s.f.) 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 18).



Foto 18. Muestreo de hojas para análisis químico.

8.5.1. Interpretación del análisis químico foliar

Los resultados del análisis químico de las hojas permiten determinar, la situación nutricional efectiva de las plantas (Carvajal, 1984). 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" hay que incrementar la dosis de fertilizante o cambiar la fuente del macro o micronutriente. Si el contenido de nutrimentos está en la categoría "Adecuado" significa que se debe mantener el programa de fertilización. Si el contenido del nutrimento está en la categoría "Excesivo" debe reducirse la cantidad de fertilizante usado.

Esto significa que se requiere integrar los análisis químicos del suelo y análisis foliares, en un plan de fertilización de largo plazo. Se empieza realizando el análisis químico del suelo, se define un plan de fertilización inicial y se aplica durante uno o dos años consecutivos. Luego se hace el análisis foliar, se interpreta y se hacen los ajustes pertinentes al plan de fertilización inicial, formulando un nuevo plan.

8.6. RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO

El Carbono y el Nitrógeno son elementos químicos indispensables para el desarrollo de la vida debido a que afectan directa e indirectamente todos los procesos biológicos. El Carbono proviene del Bióxido de Carbono (CO_2) de la atmósfera y es fijado en las plantas, a través del proceso fotosintético, en forma de hidratos de carbono, en una proporción del 50 a 60 por ciento.

El Nitrógeno, ya sea absorbido del suelo o fijado del aire, se incorpora a la planta en forma de aminoácidos, primeramente en las hojas verdes. A medida que aumenta el suministro de Nitrógeno, las proteínas sintetizadas a partir de los aminoácidos se transforman en tejidos que se expresan en el mayor crecimiento de las hojas, aumento del área foliar e incremento de la capacidad fotosintética.

La relación Carbono/Nitrógeno (C/N) es una forma de medición de la biomasa y de la evolución de la materia orgánica en el suelo. Una relación 10:1 es la ideal en los suelos y está asociado a una alta fertilidad (Arrea *et al.* s.f.). Una relación 20:1 marca el límite entre la inmovilización y liberación de Nitrógeno.

En el proceso de compostaje, el rango óptimo de la relación C/N varía de 20:1 a 50:1. Los excesos de cualquiera de los dos componentes conllevan a una situación de carencia de uno de ellos. Si el residuo de partida es rico en Carbono y pobre en Nitrógeno, la fermentación será lenta, las temperaturas no serán altas y el Carbono se perderá en forma de Dióxido de Carbono. En caso contrario, en altas concentraciones de Nitrógeno, este elemento se transformará en Amoníaco, impidiendo la correcta actividad biológica (Ambientum s.f.).

8.7. ACONDICIONADORES DEL SUELO Y ENMIENDAS

Los acondicionadores del suelo para el cultivo del café son: 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.

Las enmiendas del suelo son productos usados para adecuar el pH al rango de 5,6 a 6,5 (entre medianamente ácido y ligeramente ácido), que es el rango adecuado para el cultivo de café (Blanco s.f.).

8.7.1. Corrección de suelos ácidos

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo que determina la disponibilidad de los nutrimentos para los cafetos. Si el pH está debajo de 5,6 se debe proceder al encalado. Las cales que se usan son: cal apagada o Hidróxido de Calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (alrededor del 54% de Calcio); cal agrícola o Carbonato de Calcio $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ (un 40% de Calcio) y Dolomita (contiene Ca y Mg en diferentes proporciones) (Blanco s.f.).

Las aplicaciones de cal apagada, Carbonato de Calcio o dolomita se realizan mediante espolvoreo en las calles (espacios entre hileras del cafetal), en corona alrededor de los cafetos o mezclado con el compost al inicio de la época lluviosa. Las dosis varían de 50 a 500 gramos/planta, dependiendo del grado de acidez del suelo.

La roca fosfórica y la cal tienen una reacción básica; por tanto, para tener una adecuada disolución y pueda ser aprovechada por las plantas, solo debe aplicarse en suelos ácidos (Guerrero s.f.). Resulta conveniente incorporar la roca fosfórica, el Carbonato de Calcio o dolomita en el proceso de elaboración del compost.

8.7.2. 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, sulfato de amonio, fosfato monoamónico ó fosfato diamónico (Guerrero s.f.). Hay acondicionadores específicos para equilibrar el pH de los suelos alcalinos o de los ácidos.

Cabe indicar también que hay un grupo de fertilizantes de reacción neutra; es decir, que al ser aplicados al suelo no afectan las condiciones de acidez, como son: superfosfato triple, muriato de potasio, sulfato de calcio (yeso), nitrato de potasio y SULPOMAG (Guerrero s.f.).

8.8. 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 (Cáceres 1976). 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 arábigos 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.

8.8.1. 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 arábigo, los requerimientos de nutrimentos, de acuerdo a la interpretación del análisis químico el suelo, se indican en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Requerimientos de algunos macronutrientes en el café arábigo.

Interpretación del análisis químico del suelo	Ingrediente activo (kilos/hectárea)					
	N	P	K	S	Ca	Mg
Bajo	120	60	150	150	340	15
Medio	80	40	50	50	150	10
Alto	40	20	20	0	0	0

NOTA: Para cafetales en crecimiento, hasta los 18 meses de edad en el campo, se debe aplicar la mitad de la dosis indicada para cafetales en producción.

Si el contenido de Nitrógeno es bajo, según los requerimientos, se debe aplicar 120 kg N/hectárea. Si se planea aplicar urea como fuente de Nitrógeno (abono que tiene el 46% de N), se necesitarían 260 kilos de urea/hectárea⁹ para proporcionar la cantidad requerida de N por el cultivo.

Cuando los análisis químicos de suelo indican deficiencias de microelementos Zn, Fe o Mn, se pueden corregir con la aplicación de quelatos.

Si el contenido de Zn es bajo hay que aplicar, vía foliar, quelato de Zinc en dosis de 3,0 litros/ha y si el contenido es medio 1,5 litros/hectárea.

Si el contenido de Fe es bajo hay que aplicar, vía foliar, quelato de Hierro en dosis de 3,0 litros/ha y si el contenido es medio 1,5 litros/hectárea.

Si el contenido de Mn es bajo hay que aplicar, vía foliar, quelato de Manganeso en dosis de 1,5 litros/ha y si el contenido es medio 0,75 litros/hectárea.

En cuanto al Boro, un elemento que está en niveles bajos y medios en la mayoría de suelos cafetaleros, puede corregirse con la aplicación al suelo de fertilizantes granulados (10 ó 5 kg/ha de ingrediente activo, respectivamente) o de metaborato de sodio (bórax, en dosis de 3,0 kg/ha) por vía foliar.

8.8.2. Composición química de los fertilizantes y enmiendas

Los fertilizantes y sustancias usados en la producción de café, convencional ó ecológica, son diversos. Se pueden usar abonos simples (que tienen un solo elemento), abonos compuestos (dos elementos) y los completos (tres o más elementos).

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. En la "producción convencional" se pueden combinar, según los requerimientos del cultivo, todos los abonos y sustancias recomendados para la caficultura.

La composición química de los fertilizantes químicos y enmiendas usados en la caficultura, se indican en el Cuadro 15. Los abonos y sustancias que se permiten en la agricultura orgánica, se presentan en el Cuadro 16.

⁹. Si el contenido de Nitrógeno en el suelo es bajo, se requiere aplicar 120 Kg de N. La urea contiene el 46%de N; por lo tanto, se divide 120 kg para 0,46 y se tiene la cantidad de urea a aplicarse que en este caso es 261 kilos.

En el Cuadro 17, se expone la composición química del biol y de caldo microbiológico. En el Cuadro 18, se indica la composición de los compost elaborados con pulpa y de cáscara de café.

Cuadro 15. Composición química de los fertilizantes y enmiendas.

Fertilizantes y enmiendas	Contenidos de nutrientes (%)						
	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 (cal apagada)					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 16. 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
Torta de algodón	7	2,3	2			

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

Cuadro 17. Composición química del biol y el caldo microbiológico.

Contenido	Unidad	Biol	Caldo Microbiológico
Materia seca	%	1,6	1,3
Nitrógeno total	%	2,4	1,3
Calcio	mg / 100 ml	38,3	46,5
Fósforo	mg / 100 ml	12,5	12,3
Magnesio	mg / 100 ml	14,7	12,9
Potasio	mg / 100 ml	46,8	45,2
Sodio	mg / 100 ml	17,6	101,8
Cobre	ug / 100 ml	56,8	44
Manganeso	ug / 100 ml	681,3	221,5
Zinc	ug / 100 ml	180,2	95
pH		6,8	7,2

Fuente: Duicela et al. 2003.

Cuadro 18. Composición química de los compost de pulpa y de cáscara de café.

Contenidos	Unidad	Compost de pulpa de café	Compost de cáscara de café
Nitrógeno total	%	1,5	2,3
Fósforo	ppm	128	139
Materia Orgánica	%	29	47
Relación C/N		12:1	12:1

Fuente: Duicela et al. 2003.

8.8.3. 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 para cada caso.

La compatibilidad entre los abonos químicos y sustancias de mayor uso en la producción de café arábigo, se indica en el Cuadro 19.

Cuadro 19. 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. Fosfatos naturales	7. Superfosfato simple	8. Superfosfato triple	9. Fosfato monoamónico	10. Fosfato diamónico	11. Muriato de Potasio	12. Sulfato de Potasio	13. Cal agrícola	14. Otras calizas	15. Yeso
1 Nitrato de Potasio		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	I	I	C
3 Nitrato de Amonio				I	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
4 Sulfato de Amonio					C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
5 Urea						C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
6 Fosfatos naturales							C	C	C	C	C	C	I	I	C
7 Superfosfato simple								C	C	L	C	C	I	I	C
8 Superfosfato triple									C	L	C	C	I	I	C
9 Fosfato monoamónico										C	C	C	I	I	C
10 Fosfato diamónico											C	C	I	I	C
11 Muriato de Potasio												C	L	L	C
12 Sulfato de Potasio													L	L	C
13 Cal agrícola														C	C
14 Otras calizas															C
15 Yeso															

I: Incompatible

L: Compatibilidad limitada

C: Compatible

Fuente: Adaptado de EMBRAPA 2008.

8.8.4. Época de aplicación de los abonos y enmiendas

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.

Las cales se pueden mezclar con el compost, muriato de potasio o sulfato de potasio para su aplicación al establecimiento del cafetal o en las etapas de crecimiento o producción. El sulfato de calcio (yeso) es una sustancia que contiene azufre y calcio que puede mezclarse con todos los fertilizantes y sustancias, inclusive con las cales.

Las aplicaciones de la cal apagada, carbonato de calcio, dolomita y yeso deben realizarse al inicio de la época lluviosa (Espinosa y Molina 1999).

Según los requerimientos del cultivo, se debe aplicar las cales o el yeso al momento de plantar los cafetos y al inicio de la época lluviosa, en un plan de fertilización anual.

La aplicación de yeso en los suelos pesados, deficientes en azufre y calcio, favorece la floculación y formación de suelos sueltos; por lo tanto, se mejora la estructura del suelo.

En los cafetales en crecimiento o en producción, la cal o el yeso se deben aplicar mediante espolvoreo en banda cerca de los cafetos o en los espacios entre hileras cuando los cafetos están en producción. En todos los casos, hay que evitar que estas sustancias entren en contacto con el "cuello" del cafeto.

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 (INFOAGRO s.f., Cáceres 1976).

El compost y estiércoles descompuestos deben aplicarse, ya sean solos, mezclados con las cales o con los abonos químicos, al inicio o durante la época lluviosa.

Las aspersiones de biol al follaje de los cafetos pueden alternarse con las aplicaciones mensuales de caldo microbiológico al suelo, durante la época lluviosa, que coincide con la etapa de desarrollo de los frutos. El biol es un abono foliar y el caldo microbiológico es un acondicionador del suelo rico en nutrimentos y microorganismos benéficos.

8.8.5. Recomendaciones de fertilización

Enriquecimiento del sustrato para viveros

Una práctica indispensable para lograr un crecimiento sano y vigoroso de las plantitas en vivero es el uso de sustratos enriquecidos con abonos orgánicos y químicos. Este aspecto fue tratado en el manejo de semilleros y viveros.

Fertilización en viveros de café

Una condición indispensable para tener buenos cafetales es la fertilización en los viveros, que se inicia con la mejora del sustrato y que se complementa con el uso de abonos químicos al suelo y abonos foliares. Estas recomendaciones fueron detalladas en el manejo de semilleros y viveros.

Fertilización básica

Al momento de plantar los cafetos en el campo, se debe mejorar las condiciones del suelo aplicando abonos y enmiendas al hoyo (Cáceres 1976). Esta práctica favorece el desarrollo radical, la formación del tallo, ramas y hojas del café.

La fertilización básica es determinante para asegurar el buen crecimiento inicial de los cafetos y se detalló en el tema relacionado al establecimiento de cafetales.

Fertilización de cafetales

Un cafetal en crecimiento se considera desde el momento del establecimiento hasta que entra en la etapa productiva, que normalmente dura entre 18 y 24 meses.

En las etapas de crecimiento y de producción de los cafetales se debe combinar el uso 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 o del análisis químico foliar.

Cuando se trata de la producción ecológica de café, hay que aplicar las normas y estándares específicos sobre fertilización vigentes en los países consumidores como son: el Reglamento (CE) N° 834/2007 de la Unión Europea, la normativa NOP-USDA, los estándares JAS de Japón y la Normativa ecuatoriana orgánica¹⁰.

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

¹⁰. Las agencias certificadoras orgánicas tienen las listas de insumos certificados.

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

La primera acción consiste en corregir la acidez del suelo. Como el pH está en 5,4 (inferior a 5,6), hay que aplicar carbonato de calcio en una dosis baja, esto es aproximadamente 100 gramos/planta.

En los resultados del análisis químico del suelo, también se establece que el porcentaje de materia orgánica esta en un nivel medio; por lo tanto, hay que añadir estiércoles compostados, incorporando carbonato de calcio en su elaboración.

Los contenidos de Nitrógeno y Azufre resultaron bajos. Los niveles de Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Boro fueron medios. El nivel de Manganeso fue bajo. Los niveles de Hierro y Cobre fueron altos. Con esta información y en base de los requerimientos del cultivo, se elabora un plan de fertilización anual (Cuadro 20).

Cabe enfatizar que la recomendación de fertilización para cafetales en crecimiento (primeros dos años de edad) corresponde a la mitad de la dosis requerida en los cafetales en producción.

Con la información de las dosis generales de cada uno de los abonos o sustancias, expresadas en kilos/hectárea, se procede a desagregar las dosis hasta el nivel de gramos/planta, en función de la densidad poblacional. La preparación del plan anual de fertilización incluye, además, la calendarización de las aplicaciones de los abonos y enmiendas (Cuadro 21).

Los microelementos, deben aplicarse durante los primeros meses de la época lluviosa. Cuando las fuentes de estos elementos son abonos sólidos (sulfaménos, micro essentials), se aplican en corona, alrededor de los cafetos, solos o mezclados con otros abonos. Cuando se usan quelatos de Zinc o Manganeso; así como, el bórax, se debe aplicar dirigido al follaje con una bomba aspersora manual.

Cuadro 20. Fertilización de cafetales arábigos en producción.

Fertilizantes	Contenidos de nutrimentos (%)						Total de ingrediente activo (kg/ha)												
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg	Total kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg						
15-17-19-4-3-(0.3 B)	15	17	19	4		3	120	18	20	23	5	0	4						
Carbonato de Calcio (Cal agrícola)					40		100	0	0	0	0	40	0						
Estiércol seco de vacunos	2	1,5	2	0,5	4	1	400	8	6	8	2	16	4						
Fosfato diamónico (DAP) 18-46-0	18	46					30	5	14	0	0	0	0						
Muriato de Potasio (Cloruro de potasio)			60	1,4	1,5	1,5	24	0	0	14	0	0	0						
Nitrato de Amonio	34						260	88	0	0	0	0	0						
Sulfato de Calcio (yeso)				16	20		470	0	0	0	75	94	0						
SULPOMAG			22	22		11	22	0	0	5	5	0	2						
Total de abono (kg/ha)													1.426	120	40	50	87	150	10

Zinc	<3 l/ha	Quelato Zn	1,50 l/ha
Hierro	<3 l/ha	Quelato Fe	0
Manganeso	<1,5 l/ha	Quelato Mn	1,50 l/ha
Boro	<3,0 kg/ha	Bórax (Borato de Sodio)	1,50 kg/ha

	Requerimientos de ingrediente activo (kilos/hectárea)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg
Bajo	120	60	150	150	340	15
Medio	80	40	50	50	150	10
Alto	40	20	20	0	0	0

NOTA: La cantidad de abono total, está por hectárea de cafetal en producción. Para cafetales en crecimiento se debe aplicar la mitad de las dosis indicadas para cafetales en producción.

Cuadro 21. Aplicación calendarizada de los abonos y enmiendas en un cafetal en producción.

Fertilizantes	Unidad	Aplicación fraccionada de los abonos				Cantidad de abono kg/ha	Procedimiento
		Enero	Febrero	Marzo	Abril		
15-17-19-4-3-(0,3 B)	kg/ha		120			120	<ul style="list-style-type: none"> • Mezclar la cal y los estiércoles. Aplicar esta mezcla 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 18-49-0+15-17-19-4-3-(0,3 B)+ muriato de potasio y SULPOMAG. 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. • El bórax puede aplicarse solo o mezclado con un abono foliar, dirigido al follaje, con una bomba de aspersión manual. • El Nitrato de amonio aplicarlo en corona.
Carbonato de Calcio	kg/ha	100				100	
Estiércol seco de vacunos	kg/ha	400				400	
Fosfato Diamónico (DAP) 18-46-0	kg/ha		30			30	
Muriato de Potasio	kg/ha		24			24	
Nitrato de Amonio	kg/ha				260	260	
Sulfato de Calcio (yeso)	kg/ha	470				470	
SULPOMAG	kg/ha		22			22	
Quelato de Zinc	l/ha			1,5		1,5	
Quelato de Manganeso	l/ha			1,5		1,5	
Bórax	kg/ha			1,5		1,5	

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 baja¹¹, a la entrada de la época lluviosa.

Materia orgánica. - La materia orgánica está en un nivel medio; por tanto, debe incrementarse con la adición de estiércol bovino descompuesto. El estiércol bovino, además de incorporar la materia orgánica, proporciona el 2% de Nitrógeno, el 1,5% de Fósforo, el 2% de Potasio, el 0,5% de Azufre, el 4% de Calcio y el 1% de Magnesio.

Elementos químicos.- Los nutrimentos pueden proporcionarse aplicando diferentes abonos como: 15-17-19-4-3-(0,3B), 18-46-0, Muriato de Potasio, Nitrato de Amonio, Sulfato de Calcio y SULPOMAG. 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 15-17-19-4-3-(0,3B), la adición de bórax o la aplicación de fertiboro. El Hierro y el Cobre por estar en niveles altos, no deben aplicarse.

¹¹. Una dosis baja corresponde a 50 100 gramos/planta de carbonato de calcio.

Con el programa de fertilización del cafetal se proporciona los elementos: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio; también se proporciona los micro elementos: Zinc, Manganeso y Boro. No se cubre la totalidad del requerimiento de Azufre (150 kilos/hectárea) ya que solo se estaría aplicando 87 kilos/ha, pero que representa una mejora en la nutrición de los cafetales.

En la Foto 19, 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

A partir de esta información se calculan 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: Relación adecuada
 (Ca + Mg)/K = (17+1,8)/0,68 = 27,65: Relación adecuada
 Suma de bases (Ca+Mg+K) = 19,48: Nivel adecuado

Ejemplo 2.- Elaborar un plan de fertilización de cafetales en crecimiento, en base del análisis químico del suelo con los resultados de P₂O₅, K₂O y Ca en niveles altos; N y Mg en niveles medios y los elementos S y B en niveles bajos. El suelo tenía un pH de 6,5 y alto contenido de materia orgánica (Cuadro 22).

Cuadro 22. Fertilización de un cafetal en crecimiento.

Abonos	Total Kg abono/ha	Ingrediente Activo (kilos/hectárea) para cafetales en crecimiento							Enero (g/planta)	Marzo (g/planta)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg	B		
Boronat 32 AG	50	0	0	0	0	0	0	5,0	12,5	
Super fosfato triple	20	0	9,2	0	0	0	0	0,0	5,0	
Sulfato de amonio	200	42,0	0,0	0,0	46,0	0,0	0,0	0,0	25,0	25,0
SULPOMAG	50	0	0	11	11	0	6	0,0	12,5	
Total de abonos (kg/ha):	320	42	9,2	11	57	0	6	5	55	25
Requerimientos (kilos I.A./hectárea) para cafetales en crecimiento										
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg	B			
Bajo	60	30	75	75	170	8	5,0			
Medio	40	20	37	25	75	5	2,5			
Alto	20	10	10	0	0	0	0,0			

Nota: Para cafetales en producción se aplica el doble de las recomendaciones de fertilización para cafetales en crecimiento.

Con estas recomendaciones de fertilización se proporcionan los nutrimentos que necesita el cafetal; con excepción del Azufre; pues faltaría 18 kg/ha (75 requerimiento – 57 calculado = 18 kilos/ha).

8.9. OTRAS FORMAS DE MEJORAR LA FERTILIDAD DEL SUELO

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*. Se conoce que también hay especies que fijan nitrógeno a través de las hojas como: *Ardisia*, *Pavetta*, *Psychotria*, *Azolla* y *Gunnera* (Hernández 2002).

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 (Fischersworing y Roßkamp 2001). Las micorrizas se encuentran naturalmente en los ecosistemas cafetaleros, formando parte de la riqueza microbiológica del suelo. Los géneros de hongos micorrizógenos más comunes son: *Glomus*, *Sclerocystis* y *Acaulospora*. Los nutrimentos del suelo: Fósforo, Zinc, Calcio y Magnesio tienen correlación positiva con el nivel de presencia de micorrizas en el suelo (Farfán y Reyes 2003).

Otra práctica agrícola que mejora la fertilidad del suelo es el "acolchado", "mulching" o "mantillo" que consiste en cubrir el suelo, alrededor del cafeto, con materiales orgánicos o inclusive plásticos, de preferencia de color negro. El "acolchado" protege el suelo de la erosión, mantiene la temperatura, reduce la evaporación del agua y evita el crecimiento de las malezas.

En este contexto, como prácticas complementarias se recomienda:

- 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, preferentemente 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 la tierra de cafetales, de cacaotales o de montaña.

8.10. ELABORACIÓN Y USO DE ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos son complejos de nutrimentos 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.

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.

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.

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 19. Alternativas de fertilización de cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

- Ambientum. s.f. Suelo y residuos. Relación carbono nitrógeno (en línea). Enciclopedia virtual. Consultado 14 jun. 2011. Disponible en <http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.66.26.21r.html>
- Arrea, G; Calvo, N; García, D; Hernando, JC. s.f. Relación C/N (en línea). Consultado 14 jun. 2011. Disponible en <http://www.exactas.unlpam.edu.ar/academica/catedras/edafologia/practicos/Relaci%F3n%20CN.htm>
- 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
- 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).
- Carvajal, JF. 1984. Cafeto: Cultivo y fertilización. 2 ed. Costa Rica, Instituto Internacional de la Potasa. p. 85-87, 143-144.
- 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. Tecnología para la producción de café orgánico. Manta, EC. COFENAC, PROMSA. p. 231-263.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2008. Sistemas de produção. Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia. Porto Velho, BR. 61 p.
- Espinosa, J; Molina, E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. Quito, EC, INPOFOS. 42 p.
- 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.
- Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
- Guerrero Riascos, R. s.f. Manual Técnico: Propiedades generales de los fertilizantes (en línea). Consultado 30 mar. 2011. Disponible en <http://www.monomeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>

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

9. PODAS DE LOS CAFETOS

La poda del cafeto es una labor de cultivo que consiste en la eliminación de las partes mal formadas, improductivas o con problemas fitosanitarios con la finalidad de favorecer el desarrollo vegetativo y aumentar la producción.

En las podas hay que considerar tres aspectos: La época adecuada, la desinfección previa de las herramientas y la protección de los cortes.

La época de podar depende del estado fenológico del cultivo 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 desbrotes o deschuponamientos complementarios deben realizarse antes de la floración y antes de la maduración de los frutos. Las podas deben realizarse en los días no lluviosos y preferentemente en días soleados. Respecto de este asunto, algunos caficultores destacan las bondades de realizar las podas cuando la fase lunar está en menguante (semana inmediatamente después de la luna llena). Este es un aspecto que requiere investigarse.

La desinfección de las herramientas es una medida preventiva de infecciones y enfermedades del cafeto a causa del ataque de los patógenos de las heridas. Para la desinfección de las herramientas se debe usar cloro comercial o alcohol. Cualquiera de estos productos se empapa en un pedazo de franela y luego 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.

La protección de los cortes hace referencia a la necesidad de prevenir la incidencia de enfermedades de las heridas, lo cual se logra con la aplicación, usando una brocha, de una pasta cúprica preparada con cal (5 kg) y sulfato de cobre (1 kg), disueltos por separado en un volumen aproximado de un galón de agua.

Las podas de los cafetos se clasifican en tres tipos: de formación, sanitarias y de producción. La rehabilitación se considera como una poda de producción.

9.1. PODA DE FORMACIÓN

En la caficultura, la poda de formación es aquella práctica que tiene el propósito modificar el tamaño, el número de ejes productivos, la apariencia y la forma de los cafetos, en cualquier edad y circunstancia (Duicela y Sotomayor 1993). Entre los tipos de podas de formación más frecuentes se mencionan: despuntes de las plántulas, agobio, descope y desbrote.

9.1.1. Despunte de las plántulas en el vivero

En las plántulas de café, a nivel de vivero o de reciente establecimiento, se puede realizar el despunte o eliminación manual de la yema apical del cafeto (con los dedos o con una tijera de podar). Con esta práctica se induce la formación de dos tallos productores desde las fases iniciales de crecimiento vegetativo de los cafetos (Haarer 1984).

9.1.2. Agobio de los cafetos

El agobio de los cafetos se puede realizar en tres circunstancias: para aprovechar las plántulas “pasadas” en el vivero, para inducir tallos múltiples y como una forma de rehabilitación de los cafetales.

Agobio para aprovechar las plántulas “pasadas” en el vivero.- Las plántulas de café que han permanecido mucho tiempo en el vivero y se consideran como “plantas pasadas” se pueden aprovechar siguiendo el procedimiento siguiente:

- Realizar una poda severa a las raíces, pues se espera que hayan rebasado la parte inferior de las fundas de polietileno. Esta labor se realiza usando un machete, cuchillo o tijera de podar.
- Plantar en el campo, tomando en consideración las recomendaciones indicadas para el establecimiento de cafetales, como: tamaño de los hoyos, época, fertilización básica y protección con mantillo.
- Agobiar la plántula, inmediatamente del establecimiento, formando un ángulo de 45° con relación al nivel del suelo, sosteniendo el tallo con una horqueta, gancho, piola o latillas de caña.
- Después de dos o tres meses del agobio de la planta, se habrán formado abundantes brotes en la parte basal, de los cuales se deben seleccionar de tres a cuatro brotes sanos, vigorosos y bien formados, distribuidos a lo largo de los primeros 20 centímetros del tallo. La eliminación de los brotes no deseables se realiza manualmente, con las yemas de los dedos o con una tijera de podar.
- Posteriormente, se elimina el resto de la copa de la “planta agobiada”.

Agobio para inducir tallos múltiples.- Las plántulas de café establecidas en el campo pueden ser inducidas para la emisión de varios tallos productores, agobiándolas en el campo, de acuerdo al procedimiento referido en el punto anterior. Cabe destacar que en los cafetales de variedades arábicas de porte bajo pueden manejarse hasta 10.000 tallos productores/hectárea; mientras que en las variedades de porte alto, se pueden manejar eficientemente de 6.000 a 8.000 tallos productores/hectárea.

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 cafeto con el potencial productivo disminuido. Para sostener la planta agobiada se pueden usar ganchos o piolas.
- Luego de tres o cuatro meses de haberse agobiado la planta, se realiza la preselección y selección de los brotes sanos, vigorosos y bien formados, distribuidos en la parte basal del tallo principal.
- Posteriormente se realiza la eliminación de la copa del cafeto viejo.

9.1.3. Descope del cafeto productivo

El cafeto en producción, dependiendo de la variedad, puede alcanzar una altura alrededor de 3 metros. Luego de la tercera cosecha, puede cortarse la parte superior del cafeto, esto es la parte alta de la copa, usando una tijera de podar, a una altura aproximada de 2,0 metros (Fischersworing y Roßkamp 2001).

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 donde aparecerán nuevas inflorescencias. Frecuentemente, aparecen nuevos brotes, en la parte alta del cafeto, inmediatamente debajo del corte, que deben ser eliminados periódicamente.

9.1.4. Deschuponamiento de los cafetos

Las plantas de café, durante toda su vida, tienden a emitir brotes ortotrópicos denominados también "chupones". Los chupones aparecen a lo largo del eje principal y ocasionalmente sobre las ramas plagiotrópicas primarias (Haarer 1984). La eliminación de los chupones se conoce como deschuponamiento o desbrote.

El deschuponamiento de los cafetos debe ser una práctica periódica, preferentemente después de la cosecha y durante la fructificación. El desbrote se realiza manualmente o con el uso de una tijera de podar. Luego de deschuponar se deben proteger las heridas con una pasta cúprica o realizar una aspersion de caldo bordelés u otro fungicida, de preferencia coincidiendo con los tratamientos para prevenir la incidencia de las enfermedades foliares del cafeto.

En la Foto 20, se pueden observar algunas prácticas de podas de cafetales.

9.2. 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 (Duicela y Sotomayor 1993).

Cuando se realizan las podas de formación (desbrote y descope), simultáneamente, se hace la limpieza fitosanitaria, por lo que esta práctica se conoce como poda de mantenimiento. Luego de la poda, se debe realizar una aspersion de caldo bordelés u otro fungicida, coincidiendo con los tratamientos para prevenir la incidencia de las enfermedades foliares del cafeto.



Desbrote con tijera de podar



Deschuponamiento manual



Eliminación de ramas secas y enfermas



Corte de la yema apical



Descope del cafeto



Planta bien manejada

Foto 20. Podas del cafeto.

9.3. 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 (Villaseñor 1987).

La poda de producción incluye el agobio de plantas con el potencial productivo disminuido y la recepa de cafetales decadentes. El agobio como práctica de rehabilitación se trató como una poda de formación. La recepa es una poda severa con la que se inicia el proceso de rehabilitación de cafetales.

9.3.1. Rehabilitación de cafetales

La rehabilitación de cafetales es el conjunto de prácticas orientadas a recuperar la capacidad productiva a partir de una poda severa llamada recepa y la aplicación sistemática de la tecnología apropiada de manejo del cultivo. En el proceso de rehabilitación se debe tener en cuenta algunos aspectos como: sistemas de rehabilitación, época de recepa, herramientas a usar, proceso de recepa, protección de los cortes, selección de brotes y labores de cultivo.

Sistemas de rehabilitación

Los sistemas de rehabilitación de cafetales se relacionan con la organización de la recepa, que según las circunstancias pueden ser las siguientes:

- Recepa en bloques.
- Recepa en hileras alternas (en ciclo de dos años 1-2).
- Recepa en ciclo de tres años (1-2-3).
- Recepa en ciclo de cuatro años (1-3-2-4).
- Recepa de plantas individuales.

Los números de las alternativas de rehabilitación hacen referencia a la hilera y año de recepa. En la Figura 31, se exponen algunos diagramas de los sistemas de rehabilitación de cafetales.

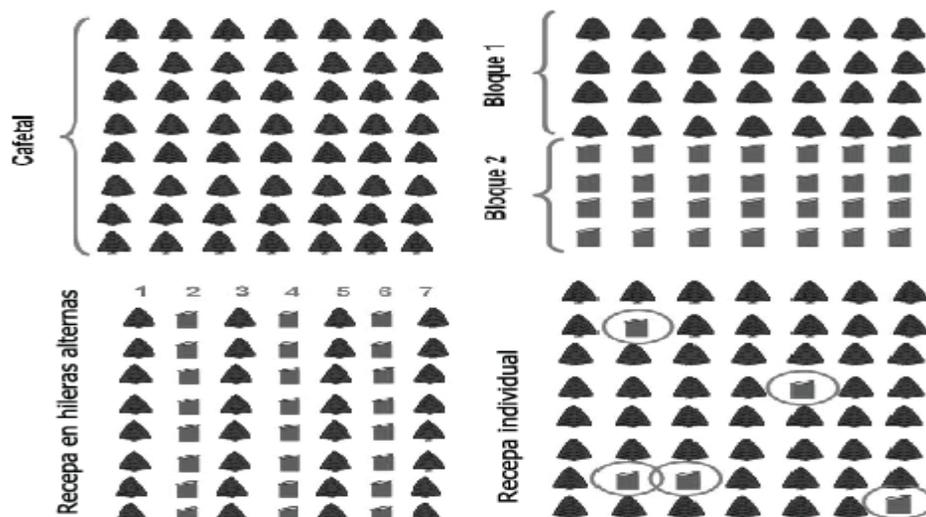


Figura 31. Sistemas de rehabilitación de cafetales.

Época de recepa

La recepa de los cafetos debe realizarse inmediatamente de concluida la cosecha. La humedad remanente del suelo favorece una rápida emisión de brotes en los cafetos recepados (Duicela *et al.* 2001, Fischersworing y Roßkamp 2001).

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 21). Además, se requiere de baldes, brochas y un pedazo de saco de yute o cepillo de lavar ropa. Las herramientas metálicas deben ser desinfectadas, antes de su uso, con alcohol o cloro comercial. Ésta práctica tiene la finalidad de evitar las infecciones en los cortes por "Mal de machete" u otras pudriciones del tallo y sistema radical.

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.

Protección de los cortes

La protección de los cortes debe realizarse inmediatamente después de la recepa usando una pasta cúprica. En el Cuadro 23, 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 22).

Cuadro 23. Insumos para preparar la pasta cúprica.

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

Selección de brotes

La selección de los brotes se realiza en dos etapas: una preselección y la selección definitiva (Villaseñor 1987).

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 (Sotomayor y Duicela 1993). En cada tocón solo deben dejarse de tres a cuatro brotes sanos, vigorosos y bien formados que constituirán los nuevos tallos productivos del cafeto. En cafetales de altas densidades se pueden seleccionar dos brotes/tocón.

Labores culturales en cafetales recepados

Un cafetal recepado y con los brotes seleccionados 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 23, se indica algunas labores en el proceso de rehabilitación de cafetales.



Foto 21. Herramientas e insumos usados para podar y recepar cafetales.



Foto 22. Elaboración de la pasta cúprica



Desrame de los cafetos



Corte del tallo con sierra



Corte del tallo con motosierra



Protección del corte



Cafeto rehabilitado

Foto 23. Rehabilitación de cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

- 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.
- Duicela Guambi, L; Corral Castillo, R; Fernández Anchundia, F. 2001. Producción de café arábigo: Guía para el caficultor ecuatoriano. Portoviejo, EC, COFENAC. 98 p.
- Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
- Haarer, AE. 1984. Producción Moderna de Café. Ed. L Hill. Trad. M Godínez. 2 ed. rev. México, Editorial Continental. p. 85-342.
- 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.
- Villaseñor Luque, A. 1987. Caficultura Moderna en México. Ed. A Sáenz. Texcoco, MX, Sáenz Colín y Asociados. p. 133-155.

10. MANEJO DE LA SOMBRA EN LOS CAFETALES

El manejo de la sombra en los cafetales consiste en la organización, distribución, podas y manejo de los árboles, arbustos y cultivos asociados para equilibrar la intensidad de la luz solar y la capacidad de fotosíntesis de los cafetos, en función de las etapas fenológicas, las condiciones ambientales de la zona y las especies arbóreas más apropiadas para proporcionar sombra sin competencia por espacio, agua, luz y nutrientes (Carvajal 1984).

En la etapa de crecimiento de los cafetales; es decir, desde el establecimiento hasta los 18 meses de edad, se debe proteger las plantitas de las radiaciones solares intensas que ocurren en la época seca, principalmente del primer año.

Más adelante, en la etapa de producción de los cafetos hay que procurar un manejo equilibrado de la sombra; situación que depende de los factores ambientales de la localidad como son: humedad del suelo, luminosidad y nubosidad.

En las localidades de alta nubosidad y de mucha frecuencia en el año, hay que reducir el número de árboles de sombra, inclusive hasta niveles de ausencia de árboles. Pero en localidades sin nubosidad frecuente y con luminosidad solar intensa, es indispensable mantener siempre una cobertura arbórea adecuada.

10.1. MANEJO DE CAFETALES CON EXCESIVA SOMBRA

La mayoría de los cafetales arábigos en el Ecuador tiene excesiva sombra, situación que no permite un buen aprovechamiento de la energía solar en la fotosíntesis y, por consiguiente, tienden a mostrar bajos niveles de productividad (Duicela y Sotomayor 1993).

Un cafetal puede tener una sombra biodiversa conformada por una amplia gama de especies arbustivas y arbóreas, especialmente leguminosas como: *Inga spp.*, *Acacia sp.*, *Erythrina spp.*, *Albizia sp.* o *Leucaena sp.* (Carvajal 1984).

Un cafetal con sombra excesiva, elevada humedad relativa, falta de aireación interna, abundante follaje tierno, alta población de malezas y deficiente poda tiene las condiciones micro ambientales predisponentes para el ataque de plagas (p.e.: Broca del fruto) y enfermedades (p.e.: Mal de hilachas, Roya y Ojo de gallo) (Duicela y Sotomayor 1993).

En las localidades donde la luminosidad es intensa se debe proporcionar del 30 al 40% de sombra en el cafetal; esto equivale a un 60-70% de luminosidad que penetre libremente al interior del agroecosistema.

Los cafetales asociados con plátano o guineo como sombra temporal, si no se deshojan y deshijan oportunamente, presentan una excesiva sombra; por lo tanto, hay que realizar la referida labor, periódicamente. Cuando la excesiva sombra de los cafetales es causada por arbustos y árboles, se deben realizar dos prácticas integradas: el raleo y las podas.

Raleo de los árboles y arbustos.- Es la labor que consiste en tumbar los árboles y arbustos muertos y no deseables del cafetal, ya sea porque están ubicados en sitios inapropiados o porque son considerados como "mala sombra".

Poda de los árboles.- Esta labor consiste en eliminar las ramas bajas, mal formadas o enfermas de los árboles; así como, aquellas que impidan una adecuada penetración de la luz solar al interior del cafetal.

10.2. MANEJO DE CAFETALES CON EXCESIVA LUMINOSIDAD

Los cafetales con una excesiva luminosidad tienen un reducido número de árboles de sombra o no lo tienen. Frecuentemente, en los cafetales se observa heterogeneidad: en una parte puede haber una sombra apropiada, en otra excesiva sombra y en otra un sombrío deficiente.

Un cafetal con excesiva luminosidad, además de causar desequilibrios en la nutrición de las plantas y promover un rápido secamiento del suelo, crea condiciones favorables para el ataque de ciertas plagas (Minador de la hoja) y enfermedades (Mancha de hierro) (Duicela y Sotomayor 1993).

Los grados de sombra en los cafetales se asocian a factores como: rendimiento del cultivo, producción de materia orgánica, conservación de los suelos, longevidad del cafetal, requerimiento de abonos y preservación de la biodiversidad (Greenberg y Rice s.f.) (Figura 32).

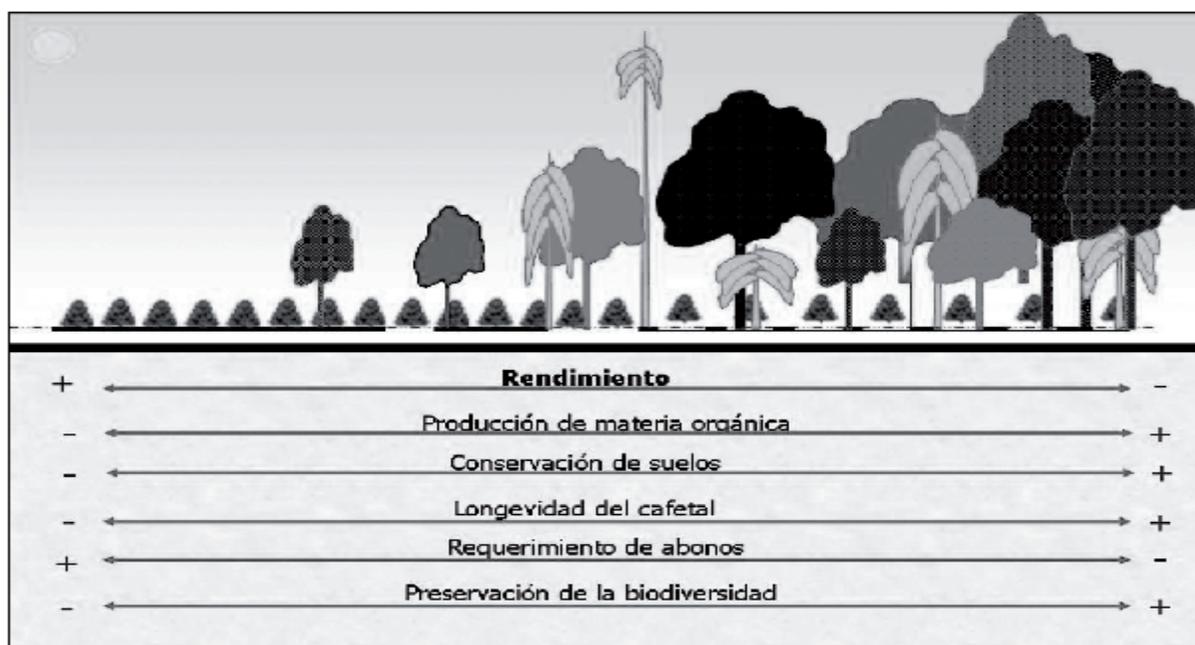


Figura 32. Factores relacionados con los niveles de sombra del cafetal.

10.3. PROTECCIÓN DE CAFETALES EN CRECIMIENTO

Los cafetales en crecimiento, durante los primeros 18 meses después de su establecimiento en el campo, requieren de mayor atención en la dotación de riego, en las deshierbas y en el manejo de la sombra para favorecer su adaptación a las condiciones locales.

En la mayor parte de las localidades cafetaleras, se evidencia largos períodos secos e intensidades luminosas altas, donde se hace necesario la integración de las siguientes prácticas:

- Usar sombra temporal de rápido crecimiento como fréjol de palo (*Cajanus cajan*) hasta que crezcan los cafetos. La siembra del fréjol de palo debe hacerse hacia la salida de la época lluviosa. Al inicio de la época lluviosa siguiente, todas las planta de guandul o fréjol de palo se incorporan al cafetal como biomasa. Este proceso se repite en el siguiente año de crecimiento de los cafetos.
- Proporcionar riego a los cafetos durante los meses secos (varían entre localidades), en una cantidad de 20 a 40 litros/cafeto/semana. El riego debe realizarse preferentemente en el atardecer, para favorecer la infiltración y reducir la evaporación.
- Colocar un “mantillo” o “acolchado” alrededor de los cafetos con los residuos de las cosechas y deshierbas.
- Proporcionar una cobertura vegetal viva sembrando leguminosas de tipo herbáceo como: fréjol caupí (*Vigna unguiculata*), crotalaria (*Crotalaria spp.*) o fréjoles del género *Phaseolus*.

10.4. MEDICIÓN DE LA SOMBRA EN EL CAFETAL

La medición de la sombra en los cafetales constituye uno de los aspectos básicos para el buen manejo de la sombra. Esta labor incluye dos elementos:

- La evaluación de la altura de los estratos arbóreos; y,
- La medición de la cobertura arbórea en el cafetal.

Un sistema agroforestal (SAF) está constituido por el cafetal (cafetos), el dosel principal o columna vertebral (árboles prevalentes como la guaba de bejuco), un estrato inferior (abajo del dosel principal, frecuentemente conformado por cítricos, musáceas y palmas) y el estrato superior (conformado por árboles emergentes que tienen gran altura).

En la Figura 33, se indica un diagrama de la estructura de un SAF cafetalero.

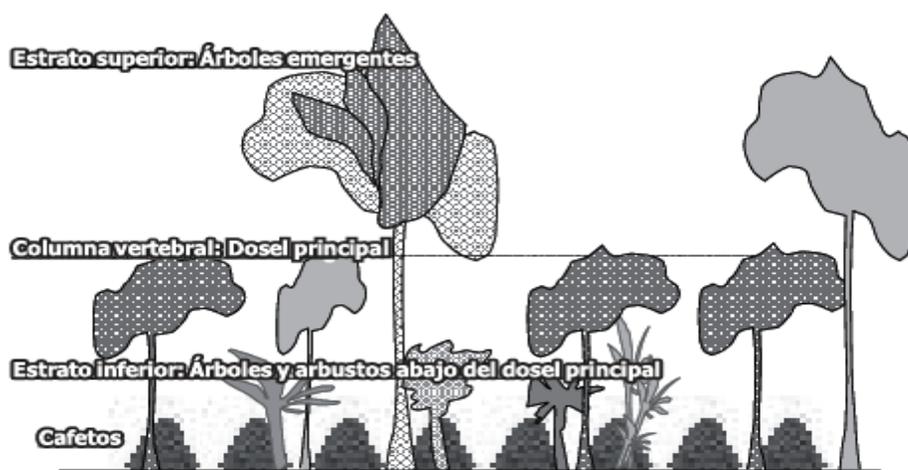


Figura 33. Estructura de un cafetal en sistema agroforestal.

10.4.1. Medición de la altura de los árboles

La medición de la altura de los árboles permite determinar la altura de los estratos del sistema agroforestal. Esta medición se puede realizar con el "medidor tangencial de altura" o mediante el "método de proporción".

Uso del medidor tangencial de altura.- El "medidor tangencial de altura" es un instrumento que se basa en las relaciones trigonométricas de un triángulo imaginario, que se forma entre el "observador", la "parte apical del árbol" y la "distancia del árbol al observador" (Figura 34).

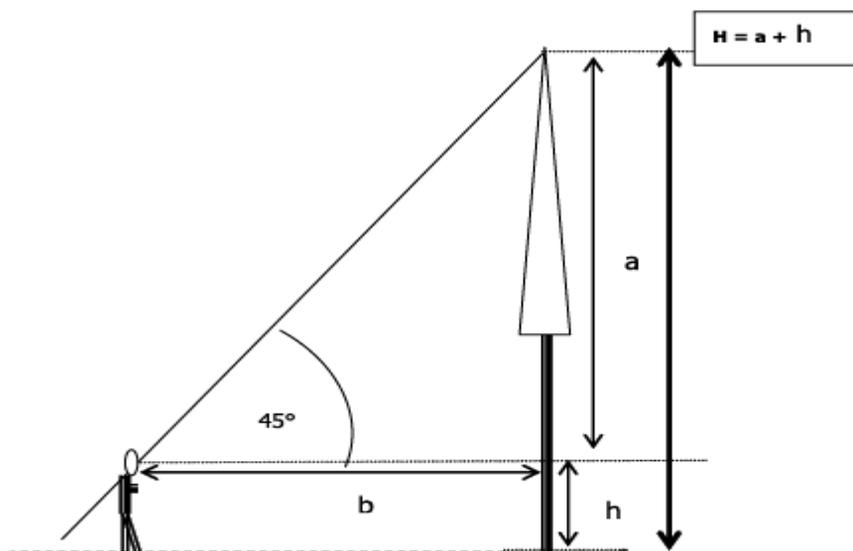


Figura 34. Determinación de la altura del árbol con el "medidor tangencial".

b = Distancia desde el nivel del "ojo del observador" hasta el tallo del árbol.

a = **b** cuando el ángulo formado entre la línea hipotética del "ojo del observador" y el punto superior (parte apical) del árbol es de 45°.

h = Distancia desde el nivel del suelo hasta la altura del "ojo del observador".

H = Altura del árbol = suma de las distancias **a + h**.

La distancia desde la base del árbol hasta el sitio de la observación (**b**) puede medirse con una cinta métrica o mediante el "conteo de pasos" del observador. Si se mide la distancia en pasos, el observador requiere conocer el promedio de su "paso", en centímetros o en metros (Por ejemplo: 0,90 m).

La medición de "**h**" (desde el nivel del suelo hasta el "ojo del observador", debe corresponder a las mismas unidades de "**b**" (Por ejemplo: metros).

Con esta información se aplica la siguiente relación trigonométrica:

$$\text{Tangente } 45^\circ = a/b = 1$$

Por ejemplo, si se tiene una distancia $b = 30$ metros, una distancia "h" de 1,58 metros y el ángulo de 45° , la altura del árbol es:

$$a/b = 1; a = b; a = 30 \text{ m}$$

$$\text{Altura del árbol } H = a + h = 30 + 1,58 = 31,58 \text{ m}$$

Método de proporción.- Este método se basa en el uso de una regla de longitud conocida que se multiplica por el número de veces que se repite a lo largo del árbol. Para aplicar este método se requieren dos personas: una que sostiene la regla y otra que, desde una prudente distancia, estima las proporciones.

Por ejemplo, usando una regla de 3,0 metros de largo (de caña guadua o palo), colocada en la parte basal del árbol (sostenida por una persona), el observador, desde una prudente distancia, estima las veces que se repetiría el "tamaño de la regla" a lo largo del árbol (Figura 35).

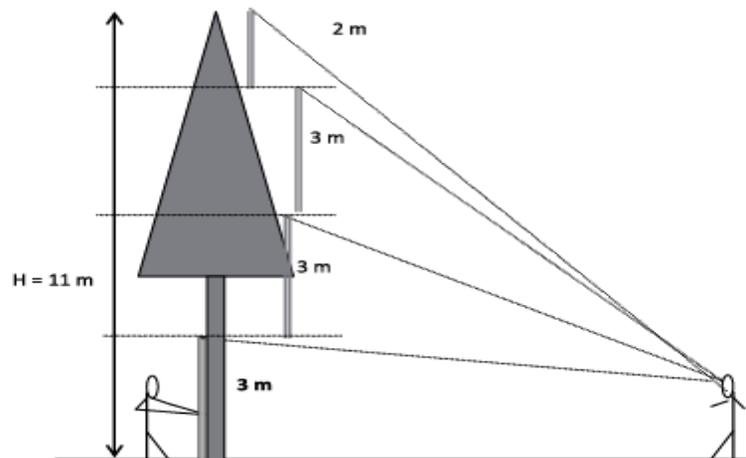


Figura 35. Medición de la altura del árbol por el "método de proporción".

10.4.2. Medición de la cobertura arbórea

La cobertura arbórea que se expresa en la sombra del cafetal se puede medir mediante el método del densiómetro o el mapeo de la sombra del cafetal.

Método del densiómetro.- El densiómetro es un instrumento que sirve para medir la densidad y proporción de la cobertura arbórea en el interior del cafetal; está compuesto de un nivel y un espejo cóncavo donde se refleja las condiciones de sombrío (Fischersworrning y Roßkamp 2001).

El espejo del densiómetro tiene 24 cuadrículas, que imaginariamente se dividen en 4 cada una; por lo tanto, se tendría un total de 96 *cuadrillos*. Cada *cuadrillo imaginario* equivale a 1,04% de sombrío; en consecuencia, una cuadrícula equivale a 4,16 por ciento.

Para la medición, el observador se coloca a la gotera de un árbol tomado al azar, pone el densiómetro en nivel y efectúa una lectura directa sobre el espejo cóncavo.

Las cuadrículas y secciones de ellas (cuadritos imaginarios), que se encuentran sombreadas en el espejo, se cuentan directamente y se registran sus datos para el cálculo de la cobertura arbórea. En la Figura 36, se presenta un ejemplo de medición del sombrío con el densiómetro.

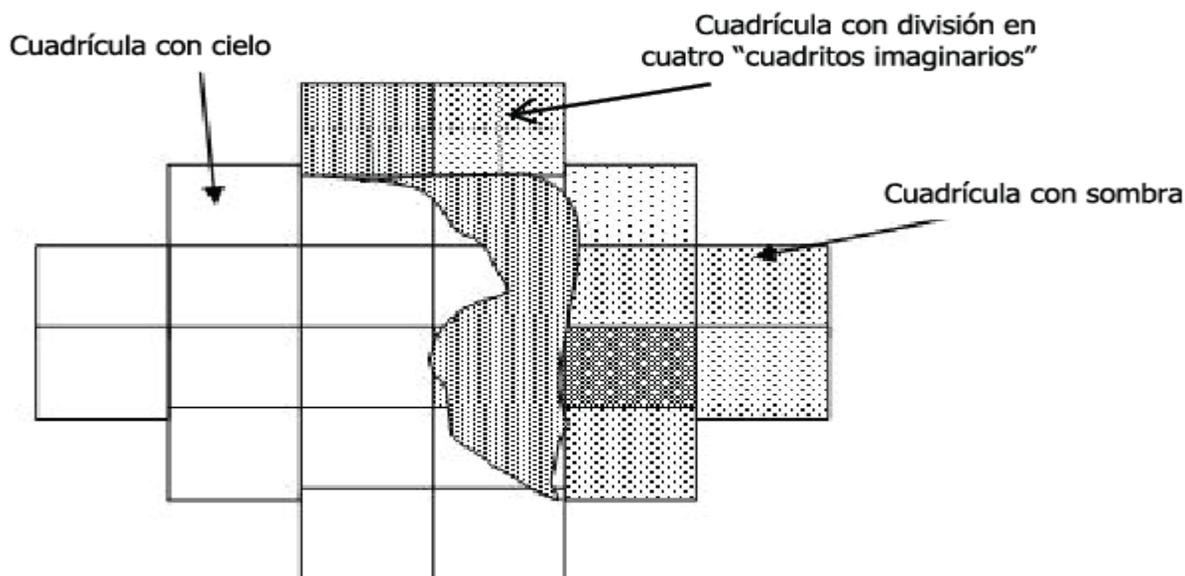


Figura 36. Cálculo de la cobertura arbórea con el densiómetro.

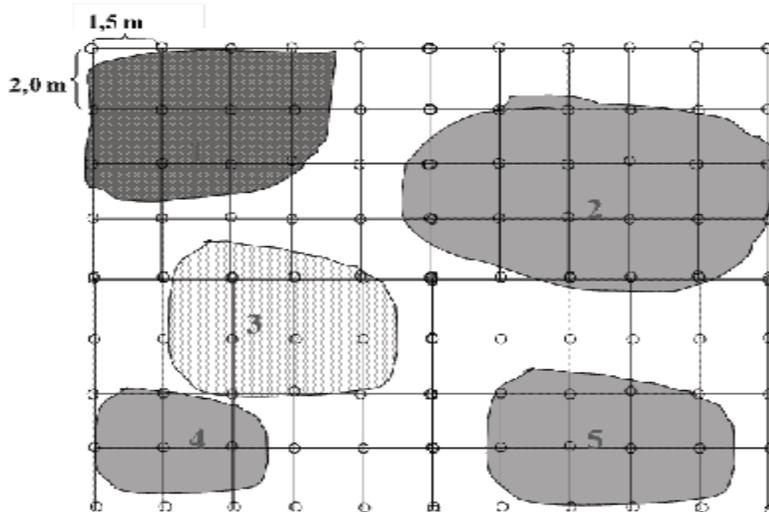
Método de mapeo de la sombra.- El mapeo de sombra se basa en un diagrama de la proyección de las copas de los árboles, de las distintas especies, sobre un plano esquemático del cafetal, en cuadrículas. Este método es aplicable cuando las plantaciones tienen distanciamientos de siembra bien definidos (Duicela *et al.* 2004).

Considérese, por ejemplo, que un cafetal de la variedad Caturra se encuentra sembrado a un distanciamiento de 2,0 x 1,5 metros (3.333 plantas/hectárea) con sombra de varias especies.

El procedimiento para el mapeo de la sombra es el siguiente:

- Se elabora el mapa del cafetal, indicando las distancias entre hileras y entre plantas.
- Se identifica el sitio de la ubicación de los árboles, en el mapa.
- Se identifican las especies que proporcionan sombra al cafetal.
- Se grafica las formas de las copas de los árboles en proyección sobre el cafetal.
- Con esta información se procede a estimar el porcentaje de cobertura arbórea en el cafetal (Duicela *et al.* 2004).

En la Figura 37, se indica el proceso de mapeo de la sombra del cafetal.



Área con cubierta vegetal:

- Árbol 1 = 24 m²,
- Árbol 2 = 45 m²,
- Árbol 3 = 24 m²,
- Árbol 4 = 10,5 m²,
- Árbol 5 = 20 m²

Número de cafetos	= 99
Número de árboles de sombra	= 5
Número de especies arbóreas	= 3
Superficie sembrada con café	= 240 m ²
Cobertura arbórea del cafetal	= 24 + 45 + 24 + 10,5 + 20 = 123,5 m ² .
Porcentaje de cobertura arbórea	= 123,5/240 (100) = 51,5%

Figura 37. Mapeo de sombra en el cafetal.

En la Foto 24, se pueden observar algunas labores relacionadas con el manejo de sombra en los cafetales.



Cafetal con excesiva sombra



Cafetal con excesiva luminosidad



Cafetal con sombra de plátano



Deshoje y deshije del plátano



Cafetal con sombra regulada

Foto 24. Diversos tipos de sombra en cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

- Carvajal, JF. 1984. Cafeto: Cultivo y fertilización. 2 ed. Costa Rica, Instituto Internacional de la Potasa. p. 85-87, 143-144.
- Duicela G, L; Sotomayor H, I. 1993. La sombra en el cafetal. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 78-82.
- Duicela Guambi, LA; Corral Castillo, R; Chilán Villafuerte, W; Cedeño Guerra, L. 2004. Regulación de sombra en cafetales. *In* Caficultura orgánica: alternativa de desarrollo sostenible. Eds. LA Duicela; R Corral. Ecuador, COFENAC, PROMSA. p. 85-90.
- Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
- Greenberg, R; Rice, RA. s.f. Manual de café sombreado y biodiversidad en el Perú. Trad. C Caicedo. US, Migratory Bird Center Smithsonian Institute. 53 p.

11. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS INSECTILES Y NEMATODOS DEL CAFETO

En un cafetal ocurren en forma dinámica y permanente una serie de interacciones entre los factores biológicos y no biológicos. El concebir los fenómenos y sus interacciones en forma global y tomar decisiones oportunas y efectivas para asegurar el crecimiento sano y vigoroso de las plantas cultivadas constituye el fundamento del manejo integrado de los problemas fitosanitarios. Cuando hay un ambiente inadecuado para el cafeto, puede resultar favorable para el ataque de las plagas; aunque muchas veces, las condiciones favorables para la planta, también lo pueden ser para algunas plagas y patógenos (Sotomayor y Duicela 1995).

La única estrategia apropiada para tener éxito en el combate de las plagas¹² de los cafetales es la integración racional, dinámica y oportuna de los distintos métodos como son: el uso de variedades resistentes, el manejo de los enemigos naturales, la regulación de la sombra, la aplicación de otras labores culturales y la prevención usando preparados naturales o sustancias químicas permitidas.

El control biológico de las plagas, según Mainardi (2000), se puede agrupar de la siguiente manera: Introducir los enemigos naturales del problema insectil; usar feromonas (sustancias como atrayentes falsos de tipo sexual o de alarma para hacer que se concentren en un lugar donde hay una trampa); usar sustancias repelentes de origen vegetal asperjados sobre las hojas; usar algunos fitosanitarios para el combate de insectos-plaga (infusiones de algunas plantas o maderas como: Cuasia, Nim ó Piretro); soluciones de jabón, especialmente los potásicos (efectivas por cuanto penetran en la protección serosa de los insectos); extractos vegetales (helechos, ortigas y otros) y cenizas de leña (combate de pulgones).

Los insectos plagas y algunos otros organismos más importantes de los cafetales arábigos en el Ecuador son: La broca del fruto, el minador de la hoja, el taladrador de la ramilla, las cochinillas, orozcos y los nematodos. Existen algunas otras plagas insectiles de menor importancia económica, que también deben combatirse con oportunidad y eficiencia.

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

Este insecto plaga pertenece al orden Coleóptera, familia Scolytidae. Es un pequeño escarabajo de origen africano que fue descubierto en el Ecuador en 1981 y afecta al café en estado verde, maduro y almacenado, en todas las zonas de producción del país (Páliz y Mendoza 1993), con excepción de la provincia de Galápagos. Los insectos adultos penetran por el disco o corona del fruto y ovipositan en el interior de las galerías (Mendoza 1991). Los huevos eclosionan pasando al estado larval, luego al estado pupal y finalmente al estado adulto, en el interior del grano.

¹² 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.

La broca ataca a los frutos y deteriora los granos de café en pergamino, en bola seca y grano verde (café oro). La broca ocasiona pérdidas en peso y en calidad. Por cada uno por ciento de infestación, hay una reducción del 0,275% en el peso de la cosecha. Esto significa que con el 10% de infestación de broca, la producción potencial se reduciría en el 2,7%, en peso (Vega 1993).

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 (Benito s.f.). Los cafés atacados por hongos tienen olor y sabor a moho, que es una afectación a la calidad organoléptica. Además, cuando los granos de café son atacados por hongos, hay alto riesgo de incidencia de Ocratoxina A (OTA).

Prevención y combate

No hay **variedades de café** con resistencia a la broca del fruto, hasta la actualidad. En estas circunstancias, hay que integrar los otros métodos de control.

En lo referente al **control biológico**, cabe indicar que 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 de Uganda (*Prorops nasuta*) y de Togo (*Cephalonomia stephanoderis* y *Phymastichus coffea*) que fueron liberadas en varias zonas cafetaleras contribuyen a reducir las poblaciones de la broca del café.

En cuanto al **control cultural**, se destaca que este insecto plaga ataca con mayor intensidad los cafetales excesivamente sombreados y poco ventilados internamente. Las labores culturales como: Las podas, las deshierbas y la regulación de sombra, además de favorecer el incremento de la productividad, crea condiciones ambientales desfavorables para incidencia de la broca (Páliz y Mendoza 1993). Una práctica cultural complementaria es el denominado "repase" que consiste en la recolección de los frutos remanentes de la cosecha, de la planta y del suelo, con el propósito de impedir la sobrevivencia del insecto plaga (Páliz y Mendoza 1993).

El **control etológico** o trapeo se basa en el uso trampas cebadas con atrayentes para capturar brocas hembras colonizadoras, resultando ser una práctica eficiente para reducir las poblaciones de broca del fruto del café (Mendoza 1991). 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 (PROMECAFÉ 2007).

En la Foto 25, se expone algunos aspectos relacionados con los daños de la broca del fruto y el control biológico.

Trampas artesanales para capturar brocas del fruto

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

El trapeo incluye las etapas siguientes: La preparación del difusor, la preparación de la trampa, la distribución de las trampas en el cafetal, la revisión periódica de conteo de brocas capturadas y reposición del difusor.

Preparación del difusor.- En las tapas de los frascos de 100-200 centímetros cúbicos, de vidrio o de plástico, hacer una pequeña abertura para gasificar. Colocar en el interior del frasco de vidrio una mezcla de los alcoholes metílico (tres partes) y etílico (una parte), usando una jeringuilla (PROMECAFÉ 2007). Una alternativa para preparar el difusor consiste en colocar de 80 a 100 gramos de café tostado y molido en un litro de aguardiente (macerado) y mantenerlo en un lugar fresco hasta su incorporación a los frascos del difusor.

Preparación de la trampa.- Hacer una abertura rectangular en la botella de plástico, hacia la parte superior del envase, de 10 x 15 centímetros; colocar el *difusor* dentro de la botella de plástico en forma invertida, pegándole con un pedazo de cinta adhesiva o amarrando con un alambre; agregar agua dentro de la botella de plástico; y, adherir un alambre de forma que facilite colgarlo de un árbol o de un cafeto.

Distribución de las trampas de broca.- Colocar de 20 a 25 trampas/hectárea de cafetal, distribuidos a 20 x 20 metros, en lugares sombreados, debajo de los árboles frutales o cafetos frondosos. La trampa debe colocarse a una altura de 100 a 120 centímetros del suelo.

Revisión periódica de las trampas de broca.- Revisar las trampas cada 15 días, durante la época de desarrollo de los frutos hasta después de la cosecha para monitorear la captura de brocas y realizar un conteo en cada trampa.

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 con el café tostado y molido. Además, también hay que renovar el contenido del agua en la botella de plástico.

En la Foto 26, se indica el proceso de construcción de trampas para la captura de la broca del café.



Ataque de la broca del café



Avispita parasitando a la broca del fruto



Beauveria bassiana hongo entomopatógeno de la broca del café



Broca parasitada por el hongo *B. bassiana*

Foto 25. Ataque de la broca del fruto y presencia de enemigos naturales.

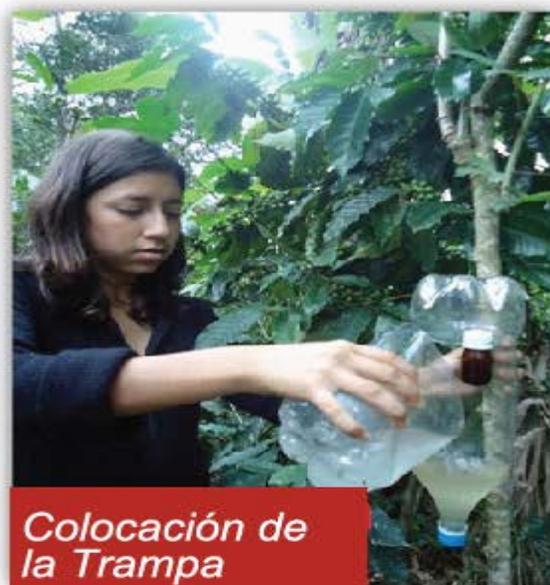


Foto 26. Uso de trampas para capturar broca del fruto.

11.2. 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. Las larvas del taladrador se alimentan del tejido interno del brote o rama, impiden la circulación de la savia y provocan la muerte progresiva del cafeto (Páliz y Mendoza 1993).

Prevención y combate

No hay *variedades de café* con resistencia al taladrador de la ramilla.

En cuanto al *control biológico*, 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 del taladrador. En los cafetales se encuentran especies de predadores que se alimentan de huevos, larvas y pupas de taladrador como: *Crematogaster spp.*, *Pheidole spp.*, *Solenopsis spp.*, *Pseudomirmex spp.* y *Leptothorax spp.* (Páliz y Mendoza 1993).

La poda sanitaria de las ramas y de los brotes 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 (Arcos 2008).

El uso de trampas con atrayentes preparados con alcohol metílico+etílico y esencia de clavo de olor como difusor, permite capturar hembras colonizadoras, reduciendo significativamente las poblaciones de taladrador de la ramilla en los cafetales (Arcos 2008). El difusor también puede contener café tostado y molido, macerado en alcohol etílico + esencia de clavo de olor. Estas trampas permiten capturar hembras de los insectos plaga: broca del fruto y taladrador de la ramilla.

11.3. MINADOR DE LAS HOJAS: *Perileucoptera coffeella* Guer. Men.

El Minador de las hojas es un insecto fitófago del orden Lepidóptero que causa defoliaciones en los cafetos (Páliz y Mendoza 1993). El insecto en su estado larval se hospeda en el interior de las hojas, alimentándose del tejido parenquimático y forma galerías (minas) visibles en el haz. Las plantaciones de café más afectadas por el minador de las hojas son aquellas sobre expuestas al sol. Generalmente, durante la época seca ocurren los mayores ataques de Minador de las hojas que pueden provocar severas defoliaciones (Anchundia 1994).

Prevención y combate

No existen variedades resistentes al Minador de las hojas. En el Ecuador se han encontrado varios parasitoides y predadores que regulan las poblaciones del 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.* (Anchundia 1994).

La labor cultural apropiada para prevenir el ataque de Minador de las hojas es la regulación de sombra del cafetal, que en este caso consistirá en proporcionar un

sombrío equilibrado a la plantación, usando especies de crecimiento rápido como guandul, higuera o plátano; y estableciendo árboles de sombra permanente de manera organizada.

La aplicación de bioinsecticidas no es necesaria para controlar las infestaciones de minador de las hojas en los cafetales, siempre que se realicen las labores de cultivo adecuadamente, especialmente la regulación de sombra.

11.4. 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 (Páliz y Mendoza 1993). Las cochinillas de las raíces viven en simbiosis con las hormigas. Las hembras adultas y ninfas succionan la sabia de las raíces, provocando un aniquilamiento gradual de las plantas. La plaga ataca preferentemente los cafetales muy sombreados y con excesiva humedad en el suelo (Páliz y Mendoza 1993).

Prevención y combate

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

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

Pertenecen al orden Lepidóptera, familia Saturnidae (Páliz y Mendoza 1993). En estado larval atacan a las plantas a nivel de vivero, cortando los brotes en crecimiento y consumiendo las hojas desde el borde hacia la nervadura central (Páliz y Mendoza 1993). Los gusanos defoliadores no causan daños económicos significativos en los cafetales establecidos (Muñoz s.f).

Prevención y combate

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 o barbasco. A nivel comercial se encuentran productos elaborados con base en aceite de nim, que ejercen un buen control de los gusanos defoliadores.

Elaboración del "bio insecticida nim"

El nim (*Azadirachta indica*) es un árbol originario de la India cuyas hojas y semillas tienen acción insecticida (Fernández 1984). El nim contiene varias sustancias como: Azadirachtina, Meliantriol, Salanina y Nimbim que tienen un efecto inhibitor de la alimentación de los insectos (ALECO 2009). El insecticida botánico nim, se recomienda para el control de varias plagas entre ellas: broca y gusanos defoliadores (Valarezo 2008).

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. De manera particular, en ciertas especies, impide la eclosión de los huevos, desfavorece la muda de las larvas y no permite la formación de crisálidas (ALECO 2009). El insecticida nim es de baja toxicidad y tiene poco efecto negativo sobre la fauna benéfica (Valarezo *et al.* 2008).

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 litera (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.

11.6. HORMIGA ARRIERA: *Atta spp.*

La hormiga arriera pertenece al orden Hymenóptera, familia Formicidae y 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 (Páliz y Mendoza 1993). En la Foto 27, se indica los daños que causa la hormiga arriera.

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 macerado o masticado hasta tener una pulpa que es distribuida como medio para el crecimiento del hongo del cual se alimentan (Villalba y Villegas s.f.).



Foto 27. Daños de hormiga arriera en los cafetos en crecimiento.

Prevención y control

Para el control de las hormigas arrieras se debe combinar varias acciones: primero hay que identificar los hormigueros, luego se debe limpiar el área e introducir en los agujeros un insecticida preparado con nim (Gruber y Valdivia 2003).

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 las hormigas (Domínguez 2004).

La reducción de las poblaciones de la hormiga arriera también se consigue con el uso de cebos elaborados en base de 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.

El proceso de preparación del cebo para controlar las hormigas arrieras 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, bien dispersada.
- Distribuir los cebos en los linderos del cafetal, en los "caminos de las hormigas arrieras" o cerca de los hormigueros.

11.7. ESCAMA VERDE: *Coccus viridis*

Esta plaga del café 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 sabia de las plántulas causando un retraso en el crecimiento (Páliz y Mendoza 1993).

Las escamas verdes viven asociadas con las hormigas y se caracterizan por segregar una sustancia azucarada que recubre las hojas del café sobre las cuales se desarrolla un hongo conocido como "Fumagina" dando una apariencia ennegrecida al follaje, situación que dificulta la fotosíntesis (Páliz y Mendoza 1993).

Prevención y combate

El control temprano de la escama verde y de las hormigas se logra con la aplicación oportuna de las labores de cultivo y el uso de insecticidas botánicos preparados con semilla u hojas de nim o de insecticidas químicos como: Oxidemeton Metil (Metasistox R), Lambdaihalotrina + Tiametoxan (Engeo) o Cipermetrinas.

11.8. COCHINILLA HARINOSA: *Planococcus spp.*

La cochinilla harinosa o piojo blanco es una plaga de los brotes, hojas tiernas y flores del café. 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" (Muñoz s.f.).

Prevención y combate

Las labores de cultivo, especialmente las podas sanitarias, contribuyen a prevenir la incidencia de esta plaga. La aplicación temprana de insecticidas botánicos preparados con semillas u hojas de nim, posibilita reducir la incidencia del piojo blanco. También se pueden usar los insecticidas químicos: Oxidemeton Metil (Metasistox R), Lambdacihalotrina + Tiametoxan (Engeo) o Cipermetrinas.

11.9. OROZCO: *Phyllophaga spp.*

La gallina ciega u orozco 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, los daños pueden ser la puerta de entrada a otros problemas sanitarios. Un síntoma característico es que la planta se marchita. Cuando el ataque es a plantas en el vivero, estas plantas atacadas, pierden la raíz pivotante y llegan a morir. Dependiendo de la especie de esta plaga, en un lugar dado puede ser de importancia económica especialmente en viveros si se los ubica donde previamente se haya cultivado maíz.

Prevención y combate

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, especialmente al inicio de la época lluviosa, cuando son adultos juveniles, permite reducir significativamente las poblaciones de "orozco".

En la Foto 28, se pueden observar los daños causados por el Taladrador de la ramilla, del Minador de la hoja, de las cochinillas blancas, de los orozcos y de la escama de las hojas.

11.10. NEMATODOS

En los suelos cafetaleros del Ecuador se han identificado nematodos de los géneros: *Rhabditis*, *Dorylaimus* y *Meloidogyne*. En las raíces de los cafetos se han encontrado los géneros *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Rhabditis*, *Xiphinema*, *Dorylaimus*, *Aphelenchus*, *Helicotylenchus* y *Trichodorus* (MAG 1986).

Los nematodos son microorganismos con apariencia de pequeñas lombrices que habitan en todos los ambientes. Algunos nematodos se alimentan de materia orgánica, hongos, bacterias o de tejidos de las plantas (Anacafé 2008).

Estos parásitos penetran en los tejidos de las raíces provocando lesiones que deterioran el sistema radical, detienen el crecimiento y pueden causar la muerte de las plantas.

Prevención y combate

Las poblaciones de nematodos aún no son un real problema de la caficultura ecuatoriana. El control biológico de *Meloidogyne sp.*, en viveros de café, se logra por la acción del hongo *Paecilomyces lilacinus* (López 2009) que está asociada a la materia orgánica, especialmente en el humus de lombriz y el compost.

Para prevenir el ataque de nematodos se recomienda:

- Para los sustratos de semilleros y viveros, se debe usar tierra de sitios limpios, donde no haya contaminación con nematodos u hongos fitopatógenos.
- Desinfectar los sustratos de semilleros y viveros.
- Incorporar abonos orgánicos en los sustratos para viveros.
- Aplicar cal en el sustrato del vivero, en los suelos ácidos.
- La asociación temporal, en los espacios entre hileras, con yuca impide la incidencia de nematodos (González s.f.).
- La siembra de *Crotalaria spp.* en los espacios entre hileras, también, contribuye a reducir la incidencia de nematodos.
- Usar injertos hipocotiledonales de café arábigo sobre patrones de café robusta (Sánchez de León 1987).

Los injertos hipocotiledonales se hacen con plantitas de robusta y arábigo, en estado de chapola. El procedimiento para la injertación es el siguiente:

- Hacer un semillero de café robusta.
- Después de 15 días, hacer el semillero de café arábigo, preferentemente con variedades de porte bajo.
- Proporcionar los cuidados necesarios para el buen desarrollo de las plantitas.
- Cuando estén en estado de chapola, se extraen del semillero y colocan en dos recipientes por separado, las chapolas del patrón y del injerto.
- Usando un bisturí se corta el tallito del patrón por la mitad y se hace un corte vertical de 3-5 milímetros. Con el mismo bisturí, se corta la plantita del injerto, por la mitad, y se hace una pequeña lengüeta.
- Se inserta la lengüeta del injerto en el corte vertical del patrón.
- Inmediatamente después se envuelve con una cinta adhesiva, de preferencia parafilm. Esta cinta no requiere removerse porque se autodestruye a medida que crece la plantita injertada.
- Se coloca en el vivero y se proporciona los mismos cuidados indicados para la crianza de plántulas.



Daño de taladrador de la ramilla



Cafeto afectado con taladrador de la ramilla



Daños de minador de la hoja



Daños de cochinillas



Daños de orozco



Daños de escama verde



Injerto de café arábigo sobre patrón de café robusta

Foto 28. Daños de algunas plagas insectiles e injerto hipocotiledonal.

LITERATURA CONSULTADA

- ALECO (Aleconsult Internacional). 2009. Bio-neem (en línea). Consultado 22 jul. 2011. Disponible en <http://www.alecoconsult.com/index.php?id=bio-neem2>
- Anacafé (Asociación Nacional del Café, GT). 2008. Nematodos, la plaga invisible del café (en línea). Consultado 1 jul. 2011. Disponible en <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/News/2007-08/104/Nematodosd2.pdf>
- Anchundia Muentes, LA. 1994. Estudio de la fluctuación poblacional del minador de la hoja del café, *Perileucoptera Coffeella* (Lepidóptera: Lyonetiidae) y sus enemigos naturales. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, EC, Universidad Técnica de Manabí. 85 p.
- Arcos Sandoval, MA. 2008. Nueva broca del café: "taladrador de las ramas del café" *Xylosandrus morigerus* Blandford (en línea). Consultado 24 mayo 2011. Disponible en <http://www.sntabaconasnamballe.gob.pe/Pro-SNTN/Archivos%20del%20Pro%20SNTN%20en%20la%20web/Nuevabroca.pdf>
- Benito Sullca, JA. s.f. Paquete tecnológico de manejo integrado del café (en línea). Perú, Ministerio de Agricultura, INIA. Consultado 10 mayo 2011. Disponible en <http://www.inia.gob.pe/cafe/PAQUETE%20%20TECNOL%C3%93GICO%20-%20CAFE.pdf>
- Domínguez, JC. 2004. Canavalia, más que un frijol blanco (en línea). Diario El Tiempo. Colombia, oct. 6. Consultado 24 mayo 2011. Disponible en <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1571997>
- Fernández, R. 1984. El nim: Un insecticida fabricado por la naturaleza (en línea). Envío nº 151. Consultado 22 jul. 2011. Disponible en <http://www.envio.org.ni/articulo/877>
- González, FJ. s.f. Nematodos en café (en línea). Nicaragua, Grupo Sectorial Jalapa. Consultado 11 mayo 2011. Disponible en <http://www.funica.org.ni/docs/HV15-Nematodos-cafe.pdf> (Hoja volante 15).
- Gruber, AK; Valdix, JK. 2003. Control de *Atta spp.* con prácticas agrícolas e insecticidas botánicos (en línea). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Control de *Atta spp.* con prácticas agrícolas e insecticidas botánicos. Costa Rica nº 67. Consultado 11 mayo 2011. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1999E/A1999E.PDF>
- López Linares, IG. 2009. Control de *Meloidogyne sp.*, en viveros de café (*Coffea arabica* L.), mediante el hongo *Paecilomyces lilacinus* (en línea). Tesis Ing. Agr. Universidad de El Salvador. Consultado 14 jun. 2011. Disponible en [http://sbdigital.ues.edu.sv/asp/getFicha.asp?glx=221808.glx&recnum=1&skin=&maxrecnum=3&searchString=\(@buscable%20S\)%20and%20\(@encabezamiento%20NEMATODOS%20and%20DE%20and%20LAS%20and%20PLANTAS.%20and%20AGROVOC\)&orderBy=#ubi](http://sbdigital.ues.edu.sv/asp/getFicha.asp?glx=221808.glx&recnum=1&skin=&maxrecnum=3&searchString=(@buscable%20S)%20and%20(@encabezamiento%20NEMATODOS%20and%20DE%20and%20LAS%20and%20PLANTAS.%20and%20AGROVOC)&orderBy=#ubi)

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, EC) / GTZ (Cooperación Técnica Alemana). 1986. Inventario de plagas, enfermedades y malezas del Ecuador. Quito, EC. 186 p.
- Mainardi F, F. 2000. El cultivo biológico de hortalizas y frutales. Barcelona, ES, Editorial De Vecchi S.A. 222 p.
- 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.
- Muñoz Hernández, RI. s.f. Plagas insectiles del cafeto (en línea). Tegucigalpa, HN, IHCAFÉ. Consultado 11 mayo 2011. Disponible en http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/tec_guia_plagas.pdf
- 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.
- PROMECAFÉ (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 mayo 2011. Disponible en http://www.iica.org.gt/promecafe/boletines/mib/boletin2_mib.pdf
- Sánchez de León, A. 1987. Evaluación de once selecciones de *Coffea canephora* a la resistencia de los nematodos parásitos. Revista Cafetalera Anacafé nº 279:19-22.
- 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.
- Valarezo C, O. 2008. Controlando plagas con el nim. El Agro nº 132. p. 45-48.
- 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_tcnico_del_nim_2007_correcciones_y_fotos (Boletín divulgativo nº 336).
- 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.
- 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 mayo 2011. Disponible en http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127161619_Hormiga%20arriera%20parte%20uno.pdf (Cartilla nº 1).

12. CONTROL INTEGRADO DE LAS ENFERMEDADES DEL CAFETO

Una enfermedad se define como toda alteración morfo-fisiológica de un organismo vivo; y constituye la expresión de la dinámica interacción entre planta-patógeno-ambiente-hombre (Sotomayor 1993, Ortiz 2001).

Las enfermedades pueden ser endémicas o epidémicas. Una enfermedad es endémica si ocurre con baja intensidad y es propia de una determinada región, afectando pocos individuos, debido a que las plantas ya presentan genes de resistencia. Una enfermedad es epidémica si se manifiesta con gran intensidad, debido a que el patógeno entra en una nueva zona, se adapta y se desarrolla o hay material introducido de otra zona sin la resistencia adecuada, afectando a un alto número de individuos o a toda una población.

Los factores que determinan la intensidad de ataque de una enfermedad y que están en estrecha interrelación son: La naturaleza genética, las condiciones ambientales y el estado fenológico de la planta cultivada.

El factor genético del café se relaciona con el grado de resistencia o susceptibilidad de una variedad a un patógeno o una raza específica de éste; así como, al grado de patogenicidad o virulencia del agente causal de la enfermedad.

Las condiciones ambientales pueden ser favorables o desfavorables para el ataque inicial o permanente de los hongos fitopatógenos y se refiere a la humedad del suelo (por la lluvia), humedad relativa del ambiente (nivel de saturación del vapor de agua); agua líquida en la lámina foliar (favorece la germinación de las esporas); temperaturas mínima, media y máxima (determina la sobrevivencia de los patógenos), entre otros elementos del clima.

El estado fenológico de las plantas se relaciona con la edad, crecimiento vegetativo, área foliar, condición nutricional, épocas de floración y fructificación; así como, del micro ambiente donde se desarrolla el cultivo.

Las principales enfermedades que afectan la caficultura ecuatoriana son: Mal del talluelo, Mal de hilachas, Roya, Ojo de gallo, Mancha de hierro, Cáncer del tronco o Mal de machete y Quema o "derrite" del café (Sotomayor y Duicela 1995, Sotomayor 1993).

12.1. MAL DEL TALLUELO

El "Mal del talluelo" también se conoce como "mal del tallito", "mal de almácigos", "rhizoctoniosis" y "Damping off". Los agentes más comunes causales del mal del talluelo son especialmente los hongos: *Rhizoctonia solani* (Kühn), *Pellicularia filamentosa* (Pat) Regers, *Fusarium sp.* y *Phytophthora sp.*

El "Mal del talluelo" tiene importancia en los semilleros y viveros, donde el síntoma característico es un estrangulamiento a nivel del cuello de la plantita, en estado de fosforito o chapola, debido a la pudrición del tallito (Foto 29). La zona necrótica hundida tiene un color oscuro y aspecto rugoso que empieza en el cuello y se extiende hasta cubrir completamente la plantita. Algunas veces, la plántula se dobla y se cae. Este daño causa la paralización de la circulación de la savia, marchitez y volcamiento de la plantita. Las pérdidas pueden llegar hasta el 75% de mortalidad de las plantitas (Sotomayor 1993). En ocasiones se encuentra un ataque pre-emergente, que consiste en la pudrición de la radícula al momento de salir de la semilla, de tal manera que la planta no llega a emerger.

La prevención del mal del talluelo comprende las siguientes medidas: Uso de arena de río cernida (no re-utilizada) como sustrato del semillero, desinfección del sustrato para semilleros mediante la solarización, uso de agua en estado de ebullición, uso de vapor de agua y uso de fungicidas como Captan, Benomyl o Clorotalonil.



Foto 29. Mal del talluelo o "Damping off".

12.2. ROYA DEL CAFETO

Orden: Uredinales

Familia: Pucciniaceae

Género: *Hemileia*

Especie: *vastatrix*

Nombre científico: *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome.

La roya del café también se la conoce como roya anaranjada, herrumbre o roya común (Sotomayor 1993, ICAFE 1989). El agente causal de la roya anaranjada¹³ del café es el hongo *Hemileia vastatrix*. Es un parásito obligado, es decir, que solo puede crecer en las hojas del café. Esta enfermedad se vuelve severa en regiones cálidas y lluviosas. Esta enfermedad es la que más daño causa a la caficultura en el ámbito mundial, habiendo consenso en que la mejor alternativa es el desarrollo de variedades resistentes a la enfermedad (Rivilla *et al.* 2005) (Figura 38).

¹³. También se ha reportado en Camerún la llamada roya gris causada por el hongo *Hemileia coffeicola* Maublanc & Roger.

La roya anaranjada del cafeto fue descubierta en 1861, en el Lago Victoria Nianza (África) y en América se observó por primera vez en Brasil, en 1970. En el Ecuador se descubrió en 1981, en el cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe; y pese a la acción cuarentenaria del Ministerio de Agricultura, en 1984, ya se la encontró dispersa en casi todo el país, en plantaciones de café arábigo.

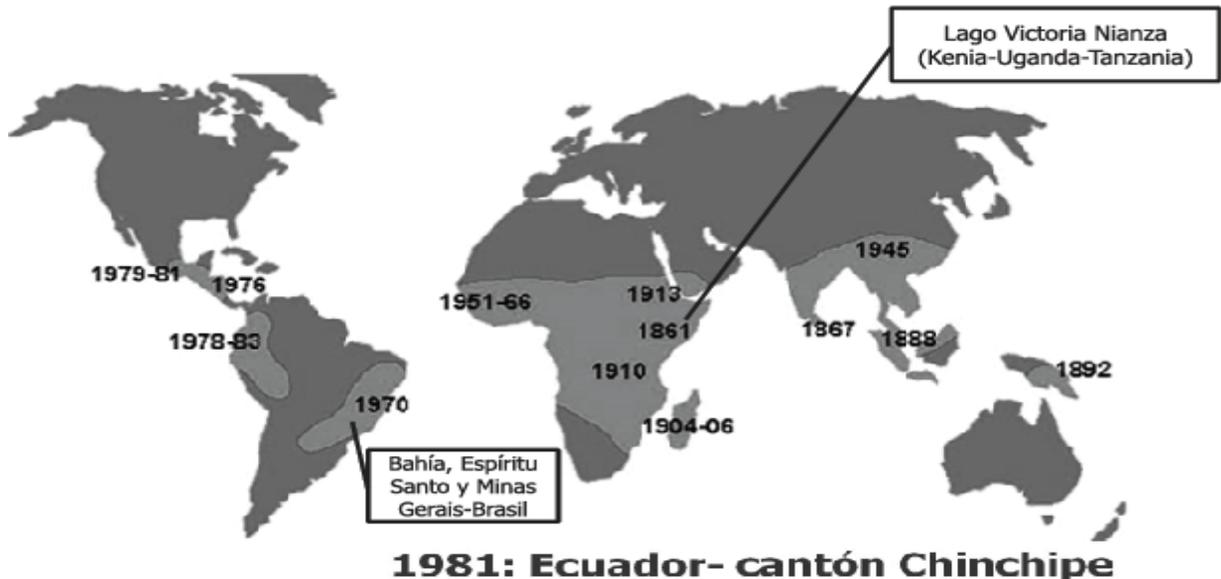


Figura 38. Distribución de la roya del café en el mundo.

Cuando las uredosporas, entran en contacto con las hojas y germinan en un lapso de 6 horas, con temperaturas que varían de 23 a 24 °C, en presencia de agua líquida en las hojas, empieza el progreso de la enfermedad. Al penetrar el patógeno a las células de la hoja, a través de los haustorios, las afectan profundamente y luego, al término del ciclo se tornan en pústulas polvorientas, redondas de color anaranjado, visibles en el envés de las hojas. Con el tiempo, estas lesiones se van juntando en manchas de color marrón y necrosadas que llegan a cubrir todo el envés, por lo cual también se conoce como herrumbre.

En el haz de la hoja, la roya se puede notar como una mancha amarilla en el mismo lugar de la pústula ubicada en el envés (Foto 30). Cuando las pústulas maduran, las uredosporas se diseminan hacia otras hojas incrementando la infección y los daños a los cafetos (Rivilla *et al.* 2005). La diseminación se ocasiona por acción del viento, del hombre y de los animales, que de algún modo, entran en contacto con las plantas enfermas con roya.

Los ataques severos de roya provocan la defoliación prematura, la reducción de la capacidad de fotosíntesis y en consecuencia la caída drástica de la productividad de la planta. La maduración se vuelve irregular y la calidad de los frutos se disminuye por falta de una nutrición adecuada de la planta (Macías s.f.).



Síntomas de la roya en el haz de la hoja

Síntomas de la roya en el envés de la hoja

Pústulas de roya atacadas por el hongo hiperparásito *Verticillium lecanii*

Foto 30. Hojas del cafeto atacadas por la roya y presencia del hongo *Verticillium lecanii*.

Sobre las manchas necrosadas por roya, como un tejido blanquecino, se pueden encontrar dos hiperparásitos asociados a la roya que son los hongos: *Verticillium spp.* y *Cladosporium sp.*, que son los mejores aliados del productor para el combate de la enfermedad.

La utilización de variedades resistentes es la forma más económica de combatir un problema tan grave como la roya del cafeto, ya que es uno de los contribuyentes más amigables con el ambiente. Existe resistencia a la roya del cafeto en algunas variedades, tanto naturales como creadas por el hombre (Enríquez 2000). Cabe indicar que todas las variedades arábicas puras son susceptibles a esta enfermedad foliar.

En el Ecuador se han seleccionado algunas líneas de Catimor procedentes de Brasil, Portugal y Costa Rica, que tienen cierto grado de resistencia a la roya del café; al igual que la línea Sarchimor C-1669 (Chilán 1998). Durante el desarrollo de las variedades con resistencia a la roya, se descubrió que hay genes recesivos y dominantes. En general, se ha preferido el uso de genes recesivos y con resistencia horizontal en vez de la resistencia de genes mayores y con resistencia vertical.

Las mayores incidencias de roya ocurren en cafetales excesivamente sombreados y con deficiente aireación interna; por lo tanto, para prevenir la incidencia de roya del cafeto resulta indispensable la regulación de la sombra (Ortiz 2001), las deshierbas oportunas, las podas de los cafetos y mantener un nivel adecuado de fertilidad del suelo. La adición de abonos que contienen Azufre (sulfatos) fortalece las plantas haciéndolas tolerantes al ataque de la enfermedad.

Como última acción, en plantaciones altamente productivas, se justifica las aplicaciones de fungicidas, cuando se constate la formación de la mayor proporción de hojas nuevas del ciclo productivo. Esta condición fenológica del cafeto, normalmente ocurre durante los 60 primeros días de la época lluviosa (Figura 39); por tanto, es el momento adecuado para realizar la aplicación de fungicidas protectores o sistémicos.

Los fungicidas protectores más adecuados son los productos cúpricos como: Oxiclورو de Cobre, Oxido Cuproso o Sulfato de Cobre. La preparación y aplicación preventiva del caldo bordelés resulta muy eficiente y económica, cuando los niveles de inóculo residual son reducidos.

Cuando los niveles de inóculo residual son altos, se expresan en una alta proporción de hojas con roya, al inicio de la época lluviosa; entonces, se deben aplicar fungicidas sistémicos como: Triadimefon (Bayleton 50 WP), Benomyl (Benlate 50 PM), Oxycarboxin (Plantvax 750 WP), Cyproconazole¹⁴ (Alto 100 SL); Azoxistrobina¹⁵ + Difenconazol¹⁶ (Amistar Top SC) en dosis de 0,25 a 0,50 litros/hectárea.

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, después de 4 a 6 semanas de la primera aspersión. De preferencia se podría combinar la aplicación de los fungicidas: la primera usando un protector y la segunda con un sistémico.

Preparación artesanal del caldo bordelés

Los productos y dosis para la elaboración artesanal del caldo bordelés, son los siguientes:

Cal apagada	1 kg
Sulfato de cobre	1 kg
Agua	100 litros

El caldo bordelés, se prepara de la siguiente manera: En un recipiente (A), en una porción de agua, se disuelve la cal apagada; en un recipiente (B), en otra porción de agua, se disuelve el sulfato de cobre; luego se mezclan los dos productos, 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 del preparado por hectárea de cultivo varía en función de la cantidad de follaje de los cafetos.

Condiciones ambientales favorables para el ataque de la roya del cafeto

En una estrategia de control integrado, es importante conocer las condiciones ambientales que favorecen y desfavorecen el ataque de la enfermedad, que se resume en el Cuadro 24.

¹⁴. Grupo de los Triazoles.

¹⁵. Grupo químico de los Estrobilurinas.

¹⁶. Grupo químico de los Triazoles.

Cuadro 24. Condiciones ambientales favorables y desfavorables para el ataque de la roya del caféto.

Factores ambientales	SI favorece el ataque de roya	NO favorece el ataque de roya
Lluvia	Alta	Baja
Humedad relativa de la atmósfera	Alta	Baja
Temperatura del aire	Alta	Baja
Niebla	Mediana-Alta	Ausencia-Baja
Fertilidad del suelo	Pobre	Adecuada
Sombra del cafetal	Alta	Baja-Ausencia
Aireación interna	Reducida	Adecuada

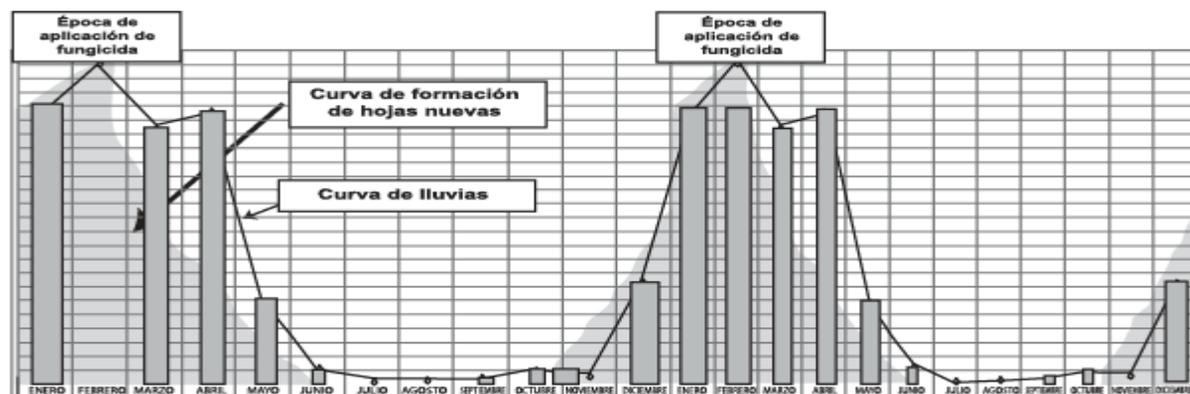


Figura 39. Relación entre la curva de precipitación, formación de hojas nuevas en el caféto y la época de aplicación de fungicidas.

12.3. MAL DE HILACHAS

Orden: Corticales

Familia: Corticaceae

Género: *Pellicularia*

Especie: *koleroga*

Nombre científico: *Pellicularia koleroga* Cook Von. Hoehnee

Sinónimos: *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 de los cafétos se inicia desde el tallo, ramas y ramillas hacia los brotes, envés de las hojas y frutos tiernos, en forma de un tejido blanquecino y sedoso que invade progresiva y rápidamente en condiciones ambientales predisponentes. El micelio del hongo cuando la infección se inicia tiene una coloración blanquecina, pero cuando madura se torna negruzco.

En estados avanzados de la enfermedad, las hojas, brotes y frutos se secan en todas las partes infectadas por el hongo (Silva *et al.* 2009). Un síntoma característico de la enfermedad en las hojas, es que se presentan como polvosas y cuando están secas, se quedan pendientes de hilachas conformadas por las hifas del hongo, adheridas a las ramas del cafeto (Foto 31).

No hay variedades resistentes al mal de hilachas ni se conoce de la presencia de hiperparásitos.

Las plantas están en condiciones fenológicas predisponentes para el ataque de mal de hilachas cuando hay: a) una alta proporción de hojas nuevas, situación que coincide con los primeros días de la época lluviosa; b) presencia de hojas enfermas remanentes; c) el excesivo sombrero en el cafetal; y, d) falta de aireación interna.

Los frutos también son atacados por la enfermedad, en alguna etapa de su desarrollo. Mientras más tiernos son los frutos la vulnerabilidad a la enfermedad es mayor, llegando a la momificación total.

Otra enfermedad muy similar es el mal rosado (*Corticium salmonicolor*), que provoca síntomas parecidos al mal de hilachas (Foto 32), donde las ramas adquieren un color rosado muy típico.

Para prevenir el mal de hilachas se debe realizar: a) limpieza fitosanitaria, (eliminando el follaje enfermo de los cafetos, después de la cosecha); b) regulación de la sombra (mediante las podas de árboles); c) deshierbas oportunas; d) fertilización adecuada; y, e) podas de los cafetos.

Como última acción se debe aplicar fungicidas como caldo bordelés (Silva *et al.* 2009), u otro producto recomendado, dirigiendo la aspersion al follaje y al tallo, en los 30 primeros días de la época lluviosa.

Si la incidencia de mal de hilachas es mayor al 8% hay que realizar una aplicación de fungicidas; pudiendo repetir después de cuatro a seis semanas.

Es conveniente hacer aplicaciones localizadas con productos a base de Cobre o Azufre, si la infección está en un solo lugar o en pocas plantas inspeccionadas, para no aplicar en toda la plantación, haciendo más económico el combate de la enfermedad.

12.4. OJO DE GALLO

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Mycena*

Especie: *citricolor*

Nombre científico: *Mycena citricolor* Berk. y Curt. Sacc (fase perfecta)

Sinónimos: *Omphalia flavida* Maublanc y Rangel (fase imperfecta)

El Ojo de gallo se conoce también como: gotera, mancha de la hoja, mancha americana, maja viruela 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 33). Los cafetales afectados por el ojo de gallo sufren fuertes defoliaciones y consecuentemente una gran pérdida en la cosecha.

No hay variedades resistentes al "ojo de gallo", ni se conoce de la presencia de hiperparásitos. La enfermedad puede atacar a los cafetos en cualquier estado fenológico, cuando las condiciones ambientales lo favorecen. La presencia de hojas enfermas, la excesiva sombra en los cafetales y la falta de aireación interna crean las condiciones predisponentes para el ataque de la enfermedad.

Las medidas preventivas recomendadas son: a) la limpieza fitosanitaria (eliminando el follaje enfermo); b) la regulación de sombra; c) las deshierbas oportunas; d) las podas de los cafetos; y, e) la aplicación de caldo bordelés.

La aplicación de caldo bordelés u otro fungicida recomendado para roya y mal de hilachas, se realiza durante los 30 primeros días de la época lluviosa o tan pronto como se detecte un pequeño número de hojas o plantas con síntomas de la enfermedad.

12.5. MANCHA DE HIERRO

Orden: Moliliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Cercospora*

Especie: *coffeicola*

Nombre científico: *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.

Es una enfermedad fungosa que afecta los brotes, hojas tiernas y frutos de los cafetos (Foto 34). Algunos autores la han encontrado como parte del complejo que destruye los semilleros y viveros. Esta enfermedad provoca defoliaciones prematuras, deteriorando las plantas y calidad del grano. Las mayores incidencias ocurren en cafetales con sobre exposición solar y carencia de nitrógeno asimilable en el suelo.

Se recomienda las siguientes acciones para prevenir la mancha de hierro: a) proveer al cafetal una sombra de rápido crecimiento como el gandul (fréjol de palo), especialmente en las áreas sobreexpuestas a la luz solar; b) establecer árboles de leguminosas en los linderos y como sombra permanente de los cafetales: guabas (*Ingas*); poró, bombón (*Erythrina poeppigiana*); yuca de ratón o mata ratón (*Gliricidia sp.*), porotillo o pepito (*Erythrina velutina* Willd.); c) colocar mantillo en la parte basal del cafeto; d) fertilizar en forma oportuna, de acuerdo con los

requerimientos del cafetal; y, e) mejorar el suelo con la adición de compost o caldo microbiano.

En cafetales de alta productividad, principalmente de aquellos cultivados a plena exposición solar, se puede complementar con las aplicaciones del fungicida Benomyl (Benlate), en dosis de 0,50 kilos/hectárea.

12.6. MAL DEL MACHETE

Orden: Microascales

Familia: Ceratocystidaceae

Género: *Ceratocystis*

Especie: *fimbriata*

Nombre científico: *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 de ambas especies y puede afectar a otras especies dentro de las asociaciones con café como el cacao, igual que a árboles de sombra. Es una enfermedad muy común en zonas con humedad relativamente altas, suelos con alto contenido de materia orgánica y cuando hay residuos vegetales de la plantación en descomposición.

El mal de machete se desarrolla en las heridas causadas accidentalmente en las rozas o en los cortes de cafetos y árboles cuando se realizan las podas y no se han protegido con cicatrizantes. Puede atacar las plantas desde muy jóvenes hasta las adultas. Las plantas afectadas muestran necrosis en el sitio de las lesiones con el machete o las 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 o de los árboles afectados se tornan amarillentas y flácidas, observándose una pudrición de la raíz y muerte de las plantas (Foto 35).

Las medidas preventivas son: a) tener cuidado al rozar para no causar lesiones en los cafetos, b) desinfectar las herramientas de la poda con cloro comercial o alcohol; c) proteger los cortes con una pasta cúprica; y, d) realizar la recepa en la época seca.

Las herramientas al entrar en contacto con las lesiones se contaminan y transmiten la enfermedad hacia otras plantas sanas. La desinfección de herramientas impide la diseminación de la enfermedad.

La protección de los cortes se realiza con una pasta cúprica preparada usando cal + sulfato de cobre y agua, que ayuda a la cicatrización de las heridas y previene el ataque de la enfermedad.

La época seca es más apropiada para realizar las podas de cafetos y árboles, pues en estas condiciones no prolifera la enfermedad.

En caso de observarse plantas 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 lote; y, c) Añadir una porción de cal agrícola en el sitio donde se extrajo la planta enferma.

12.7. DERRITE DEL CAFÉ

Orden: Sphaeropsidales

Familia: Sphaeropsidaceae

Género: *Phoma*

Nombre científico: *Phoma sp.*

Agente causal en Costa Rica: *Phoma costarricensis* Ech.

El derrite del café se conoce también como: foma, quema del cafeto, quema hojas y muerte descendente. Es una enfermedad fungosa que se puede volver de mucha importancia en el café de estricta altura (sobre los 1.200 msnm), donde pueden atacar especialmente los cafetos jóvenes. Es importante notar que el inicio sobreviene en los lugares de daños mecánicos o de insectos.

Se lo puede observar al inicio de las lluvias, atacando las hojas y los brotes nuevos, con manchas irregulares, que pueden llegar a atacar también a las ramas, tallos y frutos. Las manchas marginales de las hojas, hacen que éstas, que se encuentran en crecimiento, se arruguen. El mayor daño está en la defoliación prematura y el detenimiento del crecimiento, especialmente si ataca a las partes terminales de las ramas, lo cual provoca una muerte descendente, hasta comprometer el tallo, puede llegar a morir la planta si es pequeña.

Los síntomas más importantes son las manchas laterales de las hojas (Foto 36), lo que provoca que las hojas crezcan corrugadas; el otro síntoma es la quemazón de los brotes nuevos, los cuales se afectan cuando son lastimados por las hojas maduras y los tallos, cuando hay vientos fuertes.

Para combatir el problema se debe: a) regular la sombra del cafetal; b) proteger el cafetal de los vientos laterales con cortinas rompevientos; y, c) eliminar tempranamente las partes afectadas al apareamiento de los primeros síntomas.

12.8. FUMAGINA

Orden: Cardonodiales

Familia: Capnodiaceae

Género: *Capnodium*

Nombre científico: *Capnodium spp.*

La Fumagina es una enfermedad fungosa que se desarrolla sobre las secreciones azucaradas de insectos chupadores como: pulgones, áfidos y cochinillas. En el haz de las hojas se observa como una mancha corchosa de color negro, de donde surge un polvo negro.

Para el control de la Fumagina se recomienda: a) aplicar insecticidas (Dimetoato 40 EC en dosis de un gramo/litro de agua) para controlar los insectos; y, b) posteriormente aplicar un fungicida Cúprico o Azufre, para eliminar el hongo. Una alternativa es la aplicación de aceite agrícola solo o combinado con el insecticida.

Una recomendación complementaria para que la aplicación de agroquímicos (insecticidas y fungicidas) sea eficiente, especialmente cuando se realizan en la época lluviosa es la mezcla con coadyuvantes como el Pinolene Di-1-p-Menteno (Nu Film 17) u otros adherentes.



Foto 31. Planta atacada por Mal de hilachas. Nótese los micelios en el envés de las hojas.



Foto 32. Síntomas del mal rosado. Nótese el envés de las hojas de una coloración rosada y los micelios del hongo.



Foto 33. Frutos y hojas atacados por el ojo de gallo. Si el ataque es fuerte se pueden caer todas las hojas del cafeto.



Foto 34 . Frutos y hojas atacados con la mancha de hierro. El fruto y los granos se deterioran y afectan la calidad.



Foto 35. Tronco atacado por el mal de machete, nótese como se ha destruido la corteza del tronco. ICAFE-MAG, 1989.



Foto 36 . Hojas y ramas afectadas por la quema o derrite. Importante plaga del café de altura. ICAFE-MAG 1989.

LITERATURA CONSULTADA

- Chilán Villafuerte, WP. 1998. Estudio comparativo de genotipos de café arábigo de alta producción y con resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en la zona de Quevedo. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, EC, Universidad Agraria del Ecuador. 109 p.
- Enríquez, GA. 2000. Breve historia del mejoramiento del café y su importancia económica. Santo Domingo, DO. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF). 48 p. (Serie Estudios Técnicos 2000-01).
- Macías Tronconi, N. s.f. Principales enfermedades del cultivo del cafeto (en línea). Tegucigalpa, HN, IHCAFÉ. Consultado 11 mayo 2013. Disponible en <http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aaarchivos/documentos/tecguiaenfermedades.pdf>
- 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.
- Programa Cooperativo ICAFE-MAG. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. 6 ed. San José, CR, ICAFE. 122 p.
- Rivilla, CA; Leguizamon, J; Gil, LF; Duque, H. 2005. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia. Caldas, CO, Cenicafe. Consultado 10 mayo 2011. Disponible en <http://cenicafe.org/modules/News/documents/bot019-1.pdf> (Boletín Técnico n° 19).
- 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 mayo 2011. Disponible en http://www.inia.gob.ve/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&qid=1002&Itemid=28
- 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.
- 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.

13. MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

Las malezas son plantas indeseables que interfieren 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 25.

Cuadro 25. 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 <i>et al.</i> 2003.
Cordoncillo	<i>Piper bogotense</i> L.	MAG y GTZ 1986.
Cordoncillo	<i>Piper aduncum</i> L.	COFENAC 2011.
Escoba	<i>Sida</i> sp.	Sotomayor y Duicela 1995.
Escoba negra	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Duicela <i>et al.</i> 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.
Gramma 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.
Guardarocío	<i>Digitaria sanguinalis</i> Scop.	MAG y GTZ 1986, COFENAC 2011.
Guardarocío	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz) Koel	Duicela <i>et al.</i> 2003.
Helecho trepador, helecho alambre	<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.	
Heliconia, Platanillo	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L.	

Hierba de pajarito	<i>Phoradendron longiarticulatum</i>	Sotomayor y Duicela 1995.
Hierba de papagayo	<i>Blechnum piramidatum</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.
Jorra	<i>Alternanthera guyensis</i> L.	
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>Phenaxlae 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>Urera 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>Oplimemus burmanii</i> (Retz) P. Beauv	COFENAC 2011.
Paja de conejo	<i>Panicum trichoides</i> Swartz	COFENAC 2011.
Palitaria	<i>Chenopodium 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 litoralis</i> L.	MAG y GTZ 1986.
Verbena	<i>Verbena littorales</i> HBK	Duicela <i>et al.</i> 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.

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 (Duicela *et al.* 2003).

13.1. 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 los 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 "mala capa" (*Prestonia mollis*), "jorra" (*Alternanthera guyensis*) (Foto 37), "hierba de pajarito" de los géneros (*Phoradendron*, *Lorantus* y *Phihirusa*); y, enredaderas o bejucos (*Ipomoea*, *Lygodium* y *Momordica*), hay que eliminarlas manualmente, usando las herramientas adecuadas (Sotomayor y Duicela 1995).



Urea baccifera (L.) Gaud.
Ortiga brava



Fleuya aestuans (L)
Gaud. Ortiga



Agertatum conyzoides L.
Pedorrera



Lygodium japonicum (Thunb.) Sw.
Helecho trepado, alambre



Prestonia mollis HBK
Mala capa



Digitaria sanguinalis Scop.
Guardarrocío



Heliotropium indicum L.
Monte de alacrán



Pothomorphe peltata (L) Miq.
Santa María



Heliconia bihai (L.) L.
Heliconia o Platanillo



Blechum pyramidatum (Lam) Urban
Hierba de papagayo



Achyranthes aspera L.
Rabo de gato



Alternanthera guyensis
Jorra



Momordica charantia L.
Achochilla



Ipomoea sp.
Betilla



Amaranthus spinosus L.
Bledo espinoso

Foto 37. Malezas en los cafetales.

13.2. 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 deben 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 38). 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 asociatividad es lograr que las poblaciones de malezas se mantengan en un nivel aceptable, reduciendo el número de propágulos, el número de plantas que emergen, la sobrevivencia y la competitividad de las malezas que sobreviven.

Los cultivos 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.



Cafetal con guandul como sombra provisional



Cafetal con biomasa de guandul entre hileras

Foto 38. Cafetal con sombra provisional de guandul.

13.3. 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 gramíneas¹⁷, empezará a incrementarse la frecuencia de malezas de hojas anchas. De igual manera, si se usan sulfatos como abonos, la composición de las hierbas presentes en el cafetal va a modificarse.

En consecuencia, hay que 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.

13.4. USO DE MANTILLO O ACOLCHADOS

Los residuos de las cosechas de ciclo corto, la hojarasca de los árboles y toda la biomasa que sea posible debe ser incorporada al terreno.

Esta práctica es fundamental, principalmente en el primer año de crecimiento de los cafetos, con el propósito de conservar la humedad remanente del suelo, evitar la erosión, impedir el apareamiento de las malas hierbas, proveer nutrimentos a las plantas cultivadas y reducir la cantidad de mano de obra en el deshierbado.

13.5. FOMENTO DE COBERTURAS NOBLES

La cobertura vegetal viva constituye ese conjunto de plantas herbáceas que cubren total o parcialmente la superficie del terreno (Foto 39). 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 26). Como cobertura vegetal, en los espacios entre hileras, además, se pueden usar algunas variedades de fréjol (caupí, panamito, fresa).

El uso del maní forrajero (*Arachis pintoii*) como cobertura viva en cafetales no es conveniente, porque afecta severamente la producción, debido a probables efectos alelopáticos o a la competencia por nutrimentos (Duicela *et al.* 2003).

¹⁷. El H1-Súper es un herbicida selectivo para controlar malezas de hojas angostas o gramíneas.

Cuadro 26. Características botánicas de las hierbas nobles presentes en los cafetales arábigos.

Nombre científico	Familia	CARACTERÍSTICAS							Fruto	Propagación
		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	Panícula	Legumbre	Semilla		
<i>Desmodium tortuosum</i>	Fabaceae	Anual	Pivotante	Delgado y pubescente	Terminales y con folíolo terminal más grande	Panícula	Legumbre dehiscente	Semilla		
<i>Drymaria cordata</i>	Caryophyllaceae	Anual	Fasciculada	Rastrero, ramificado	Peciolas, acorazonadas o reniformes	Cimas terminales o axilares	Cápsula trivalvulada	Semilla		
<i>Floscopa robusta</i>	Commelinaceae	Anual	Fibrosa	Tendido decumbente	Alternas, envainadoras y con peciolos cortos	Cimas	Cápsula	----		
<i>Floscopa sp.</i>	Commelinaceae	Anual	Fibrosa	Tendido decumbente	Alternas, envainadoras y con peciolos cortos	Cimas	Cápsula	-----		
<i>Opismenus burmanii</i>	Poaceae	Anual	Fibrosa	Erecto o ascendente	Vainas (estructura tubular en la base del peciolo)	Panícula	Cápsula	Semilla		
<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	Anual	Pivotante	Rastrero	Trifoliadas con peciolo largo	----	Cápsula pubescente	Semilla		
<i>Panicum trichoides</i>	Poaceae	Anual	Fibrosa	Decumbente y ramificado	Ovaladas, lanceoladas	Panícula	Cápsula pubescente	Semillas		

Fuente: Duicela et al. 2003.



Drymaria cordata



Commelina difusa



Boerhaavia decumbens



Floscopa sp.



Commelina elegans



Oplismenus burmanii



Panicum trichoides

Foto 39. Algunas hierbas nobles que requieren ser protegidas y multiplicadas.

13.6. CONTROL QUÍMICO¹⁸

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 40.

A nivel de cafetales en crecimiento puede usarse herbicidas, como complemento de los otros métodos de control. 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 (COFENAC 2012).

El *Glifosato*¹⁹ es un herbicida sistémico de amplio espectro que controla malezas de hoja ancha y angosta, su actividad es postemergente y no es selectivo. En la aplicación del herbicida se debe evitar todo contacto del producto con las plantas cultivadas.

El *Fluazifopbutil*²⁰ es un graminicida recomendado específicamente para combatir las malezas gramíneas anuales, perennes y agresivas como coquito y Saboya (Garzón y Galarza 1993). De acción en postemergencia, es selectivo para cultivos de hoja ancha.

El *Oxyfluorfen*²¹ es un herbicida con actividad pre y postemergencia, selectivo para el cultivo de café, que puede usarse para el control de malezas de hoja ancha, gramíneas y ciertas cyperáceas en viveros; así como también en los cafetales establecidos, especialmente en los primeros dos años de crecimiento Saboya (Garzón y Galarza 1993).

En los cafetales en crecimiento, se puede usar el Oxyfluorfen (Goal, Galigan), alrededor de los cafetos, en corona, porque es selectivo, y en las calles se puede aplicar Glifosato (Round up) usando un aplicador selectivo de herbicida o un aspersor manual con protector en la boquilla.

En el Cuadro 27, se expone una guía referencial para el uso de herbicidas en cafetales.

Para controlar epífitas como los musgos se pueden realizar aplicaciones de aceite agrícola solo o mezclado con carbonato de calcio.

Aceite Agrícola²² 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. Consecuentemente aumenta la eficacia del tratamiento.

¹⁸ . El uso de herbicidas está prohibido en la agricultura orgánica.

¹⁹ . El Glifosato se encuentra en el mercado como: Roundup, Coloso, Glifocol.

²⁰ . Fluazifopbutil es el ingrediente activo del H1 Súper.

²¹ . Oxyfluorfen es el ingrediente activo del Goal, Galigan.

²² . Aceite agrícola emulsificado, es el ingrediente activo del Agricol

Cuadro 27. 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	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 crecimiento	III-ligeramente tóxico
GLIFOSATO	Glifosato Roundup Coloso Glifocor	Glisina	LS	480 gramos/litro	Inhibe la mutasa corismítica y la deshidratasa prefénica, enzima que interviene en la síntesis del ácido químico, precursor de la síntesis de los aminoácidos aromáticos.	Combate de malezas cafetales en crecimiento	IV-ligeramente tóxico
OXIFLUORFÉN	Goal Galigan	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 viveros y cafetales en crecimiento	IV-ligeramente tóxico

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 (Bermúdez y Miranda 1981).

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 construido de esta forma tiene una capacidad de 3 litros.

Uso del aplicador selectivo de herbicida

- 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 residuos vegetales



Uso de moto guadaña



Uso del "Aplicador selectivo de herbicida"

Foto 40. Control de malezas en cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

- Bermúdez, H; Miranda, A. 1981. Uso del azadón químico en el control de malezas en cafetales (en línea). *In* IV Simposio Latinoamericano sobre cafcultura. Guatemala, IICA. p. 160-165. Consultado 20 mayo 2011. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=QNoOAOAAIAAJ&pg=PA160&lpg=PA160&dq=azadon+quimico+IICA&source>
- COFENAC. 2011. Efecto de diferentes dosis del herbicida glifosato con el uso del "Aplicador Selectivo de Herbicidas" (ASH). Informe Técnico. p 66-67
- COFENAC. 2012. Mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías para la producción de café robusta, en el trópico seco del Litoral Ecuatoriano. Informe Técnico. COFENAC – Dublinsa. 179 p.
- Duicela Guambi, LA; Corral Castillo, R; Cedeño Guerra, L; Romero Romero, F. 2003. Identificación de arvenses en os principales ecosistemas del Ecuador. *In* Tecnologías para la producción de café orgánico. Manta, EC, COFENAC, PROMSA. p. 231-264.
- Edifarm & Cía. 2008. Vademécum agrícola. Ecuador. p. 159,666,683,819
- 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.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, EC) / GTZ (Cooperación Técnica Alemana). 1986. Inventario de plagas, enfermedades y malezas del Ecuador. Quito, EC. 186 p.
- Sotomayor Herrera, I; Duicela Guambi, L. 1995. Inventario tecnológico del cultivo de café. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. 106 p.

14. CONSERVACIÓN DEL SUELO, AGUA Y BIODIVERSIDAD

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* tienen un ciclo de producción y recuperación. Si estos recursos fuesen administrados adecuadamente, habría disponibilidad suficiente para toda la humanidad. Los productos forestales, los alimentos de origen vegetal, las plantas, los animales y el agua son ejemplos de recursos naturales renovables.

El suelo, el agua y la biodiversidad son recursos naturales renovables pero que debido a 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 debe aplicar algunas prácticas de conservación del suelo, del agua y de la biodiversidad.

14.1. PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO

La conservación del suelo consiste en el uso racional de este recurso para mantener y/o incrementar su capacidad productiva, incorporando prácticas de protección y mejoramiento, de tal forma que se minimicen los impactos de los procesos erosivos. Toda práctica que contribuye a aumentar la velocidad de formación del suelo y reducir la velocidad de desgaste, es una medida de conservación. El manejo sostenible del suelo debe direccionarse a una administración adecuada para que las futuras generaciones tengan igual oportunidad de uso y explotación (Brack y Mendiola s.f.).

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, construcción de terrazas individuales, siembra de cortinas rompe vientos y protección de las zonas de amortiguamiento.

14.1.1. Cultivo en curvas a nivel o en contorno

Esta práctica consiste en cultivar el café y las especies asociadas, 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 las restricciones del uso de la tierra. En suelos con pendientes pronunciadas, se dificultan las labores de manejo del cultivo y la erosión es mayor.

En la Foto 41, se presenta una plantación sombreada con eucalipto tropical (*Eucalyptus sp.*), en un terreno de pendiente fuerte. En realidad, el cafetal puede estar asociado a varias especies arbóreas de alto valor comercial o que brinden servicios al ecosistema como las especies leguminosas.



Foto 41. Café en contornos con sombra regulada de eucalipto tropical.

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.

El conocimiento de la gradiente permite definir las distancias a las que se deben hacer las curvas a nivel o las obras de conservación como: barreras vivas y zanjas de desviación. A mayor pendiente del terreno, las distancias entre curvas a nivel, barreras vivas o zanjas de desviación deben ser más cortas (Cuadro 28).

Cuadro 28. Distanciamientos para la construcción de zanjas de desviación o siembra de barreras vivas en función de la pendiente del terreno.

Grados de Pendiente	Distanciamiento entre zanjas de desviación o barreras vivas (en metros)	Descripción
0 – 2,5	No se requiere	Es un terreno plano. No se requieren hacer zanjas de desviación ni sembrar barreras vivas
2,6 – 5	50	La barrera viva puede estar conformada con hierbas
5,1 – 10	45	La barrera viva puede estar conformada con hierbas
10,1 – 15	40	La barrera viva puede estar conformada con hierbas y arbustos
15,1 – 20	35	La barrera viva puede estar conformada con hierbas y arbustos
20,1 – 25	30	La barrera viva puede estar conformada con hierbas y arbustos
25,1 – 30	25	La siembra de árboles y arbustos en franjas es opcional
30,1 – 35	20	La siembra de árboles y arbustos en franjas es opcional
35,1 – 40	15	Debe establecerse franjas de árboles, arbustos y hierbas
40,1 – 45	10	Debe establecerse franjas de árboles, arbustos y hierbas
45 <	Forestación y reforestación	En todo terreno con más de 45° de pendiente debe plantarse árboles y arbustos de valor comercial y ambiental

14.1.2. 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. Estos sistemas son muy beneficiosos para los cafetales (Cifuentes 1997).

14.1.3. 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 desagües naturales. La implementación de barreras vivas sobre el borde de las zanjas de desviación, complementa esta práctica de conservación de suelos, por cuanto reduce la escorrentía de las aguas lluvias.

La distancia entre zanjas dependerá del grado, de la longitud y de la uniformidad de la pendiente.

14.1.4. Uso de cobertura vegetal viva

La cobertura vegetal viva consiste en mantener una cubierta densa permanente, de plantas herbáceas que tengan sistemas radicales superficiales, aporten con biomasa al suelo, sin competir con el cultivo por espacio, agua, luz y nutrimentos. Estas plantas pueden ser: las plantas cultivadas o las arvenses. Estos modelos tradicionales presentan interacciones positivas entre las plantas asociadas y el cafetal con efectos beneficiosos para la conservación de la humedad durante períodos de sequías fuertes y el incremento de la materia orgánica.

La agricultura ecológica considera a la mayoría de las malezas como plantas acompañantes. El manejo de las arvenses o plantas que crecen en los cultivos, no solo asegura que éstas no perjudiquen a los cafetos, si no también que los costos se vayan reduciendo con el tiempo, favoreciendo en forma permanente, el establecimiento de ciertas especies consideradas como hierbas de cobertura noble.

En el Ecuador se han identificado especies arvenses con potencial de cobertura noble como: *Centrosema sp.*, *Commelina diffusa*, *Commelina erecta*, *Chamaesyce hirta*, *Desmodium spp.*, *Desmodium tortuosum*, *Floscopa sp.*, *Floscopa robusta*, *Oxalis corniculata*, *Panicum trichoides* y *Drymaria cordata*.

14.1.5. Uso cobertura vegetal muerta o mantillo

La cobertura vegetal muerta 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 (cobertura muerta o acolchado), 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 de los cafetales arábigos, que equivale al 21% más en relación con el testigo.

En la actualidad también se está promoviendo el uso de acolchados con plásticos de polietileno de color negro en los espacios entre hileras del cafetal.

14.1.6. 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, de otros árboles, arbustos y caña guadua, que se ubican a manera de una cerca, en forma transversal, en la parte inferior del cafeto, 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.

14.1.7. 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 (*Prosopis sp.*), guaba (*Inga spp.*), pachaco (*Schizolobium parahybum*), teca (*Tectona grandis*), laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), guachapelí (*Albicia guachapele*), fernansánchez (*Triplaris cuminngiana*), mata ratón o yuca de ratón, palo negro o gliricidia (*Gliricidia sp.*), amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), caoba (*Persea theobromifolia*), entre otras.

14.1.8. 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 42, se pueden observar algunas prácticas de conservación de los suelos cafetaleros que deben implementarse en todas las fincas.



Curvas a nivel



Barreras vivas



Terrazas individuales



Zanjas de desviación



Cobertura vegetal viva



Cobertura vegetal muerta o acolchados

Foto 42. Prácticas de conservación de suelos en cafetales.

14.2. PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

El uso eficiente del agua tiene beneficios significativos para el ambiente, la salud y la economía de las familias (EPA s.f.).

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 recomienda impulsar 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 cobertura arbórea y arbustiva.
- Protección de los terrenos de ladera con cobertura arbórea y arbustiva.
- Construcción de pozas de infiltración de las aguas mieles del café.
- No contaminación de las fuentes de agua con agroquímicos.
- No contaminación de las fuentes de agua con plásticos, vidrios y desechos.
- No contaminación de las fuentes de agua con subproductos o desechos agrícolas, pecuarios, industriales o domésticos.

En la Foto 43, se pueden apreciar una zona de amortiguamiento de estero y la siembra de caña guadua.

14.3. PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Existen tres conceptos claves relacionados con la conservación de la biodiversidad: *Biodiversidad*, *ecosistema* y *utilización sostenible*.

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). La biodiversidad, según la Red Internacional de Bosques Modelos (RIBM 2010), está conformada por tres componentes: la diversidad genética (variedad de genes), la diversidad taxonómica (variedad de especies u otras categorías taxonómicas) y la diversidad ecológica (variedad de ecosistemas en cualquier nivel geográfico).

Por *Ecosistema* se entiende un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (Naciones Unidas 1992).

La *Utilización sostenible* se define como el uso 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 (Naciones Unidas 1992).

Los cafetales en sistemas agroforestales conservan una gran diversidad de formas de vida. Al mantener 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 (Duicela y Corral 2009). 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 44).

Las principales prácticas que se recomiendan para conservar la biodiversidad, 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.



Foto 43. Prácticas de conservación del agua a nivel de fincas.



Foto 44. Protección de la fauna y flora nativas en las fincas cafetaleras.

LITERATURA CONSULTADA

- 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
- Cifuentes LE. 1997. Un enfoque de sistemas para la caficultura sostenible. Panel de agricultura sostenible. XVIII Simposio latinoamericano de caficultura. San José, CR. p. 99-119.
- 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.
- 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
- 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>
- 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>

15. COSECHA Y POSCOSECHA DEL CAFÉ ARÁBIGO

La cosecha selectiva y la adecuada poscosecha contribuyen al aseguramiento de la calidad del café (Duicela y Sotomayor 1993).

En el mercado, según los métodos de beneficio usados, se comercializan tres tipos de café:

- Cafés lavados
- Cafés semilavados
- Cafés naturales

15.1. 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. 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 (Duicela *et al.* 2004).

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.

Plan de cosecha y poscosecha.- El plan de cosecha y poscosecha involucra los siguientes elementos:

- Determinar el potencial 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.
- Calibrar, limpiar y dar mantenimiento a los equipos: despulpadoras, bombas de agua y motores.
- Adecuar y dar mantenimiento a las instalaciones eléctricas.
- Adecuar y dar mantenimiento a los reservorios, tanques e instalaciones para la provisión de agua.
- Adecuar, arreglar o construir los tanques de fermentación y de lavado.
- Adecuar, arreglar o construir las pozas de infiltración de aguas mieles.
- 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 micotoxinas (especialmente sobre Ocratoxina A - OTA) y aspectos de la calidad física y organoléptica.

Cosecha selectiva.- Consiste en la acción de recolectar los frutos maduros o cerezas. En la cosecha del café se deben considerar los siguientes aspectos:

- Determinar el estado de madurez de los frutos, según las variedades o híbridos.
- Recolectar los frutos maduros, de manera selectiva, sobre lonas tendidas en el suelo o en diferentes recipientes (canastas, baldes, sacos, alforjas).
- Realizar las recolecciones del café cereza en forma manual, las veces que sean necesarias, a medida que vayan madurando los frutos.

- Cuando se realiza la cosecha mecánica hay mezcla de los frutos maduros, pintones, tiernos y sobremaduros que deben ser clasificados de acuerdo a la madurez.
- 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 el peso de la producción potencial y causa un detrimento en la calidad de taza, por lo que debe evitarse esta práctica. Cuando se cosecha el 100% de frutos inmaduros, el peso potencial se reduce en un 33 por ciento. Por lo tanto, si la producción potencial fuese de 1.000 kilos de café cereza/hectárea, al cosechar en estado inmaduro se obtendría 670 kilos de peso, lo que significa una pérdida de peso de 330 kilos por cada 1.000 kilos de cosecha potencial.

En los casos donde se constate mezclas de los frutos maduros con los tiernos y sobre maduros, se debe proceder a la clasificación 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 de la cosecha 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.
- Evitar que el café cereza reciba los rayos solares por tiempos prolongados.
- No amontonar el café cereza por períodos mayores a tres horas.
- 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 cereza o el café en procesamiento se contamine con hongos y bacterias (contaminación biológica).
- Asegurar que las personas encargadas de procesar el café tengan un buen estado de salud.

Boyado del café cereza.- El boyado es la acción de 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 llenos (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 remover 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 por densidad en el boyado, continuar el proceso de beneficio: por la vía húmeda, ecológico o húmedo enzimático.

En la Figura 40, se expone el esquema de los métodos de beneficio usados para la preparación de los cafés lavados.

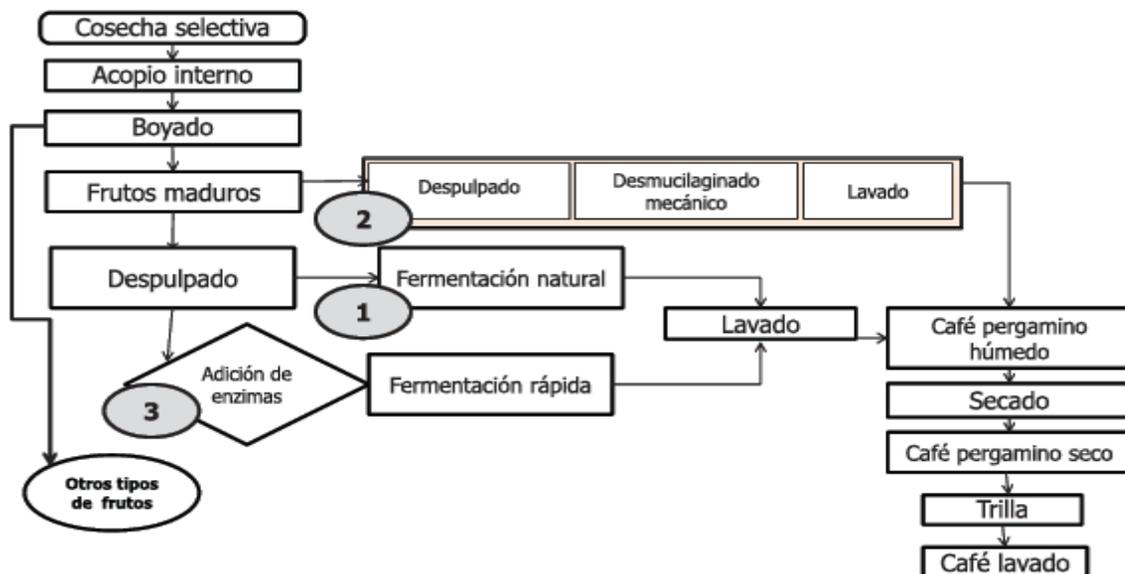


Figura 40. Esquema de los métodos de beneficio para preparar cafés lavados: 1) Beneficio por la vía húmeda; 2) beneficio ecológico; y, 3) beneficio húmedo enzimático.

15.1.1. 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.

El café pergamino húmedo luego del secado se transforma en café pergamino seco, posteriormente se trilla y da como producto final el café lavado (Duicela *et al.* 2010). El proceso de beneficio por la vía húmeda se diferencia de los demás porque involucra el despulpado, la fermentación natural y el lavado.

Despulpado.- Es la acción de eliminación de la cáscara del fruto (epidermis). En el despulpado también se elimina una parte de la pulpa o mesocarpio. El despulpado de las cerezas se realiza usando una despulpadora. 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 tina 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.

En la Figura 41, se indican las partes de una despulpadora manual, que deben tener un mantenimiento periódico, antes, durante y después de la época de cosecha.

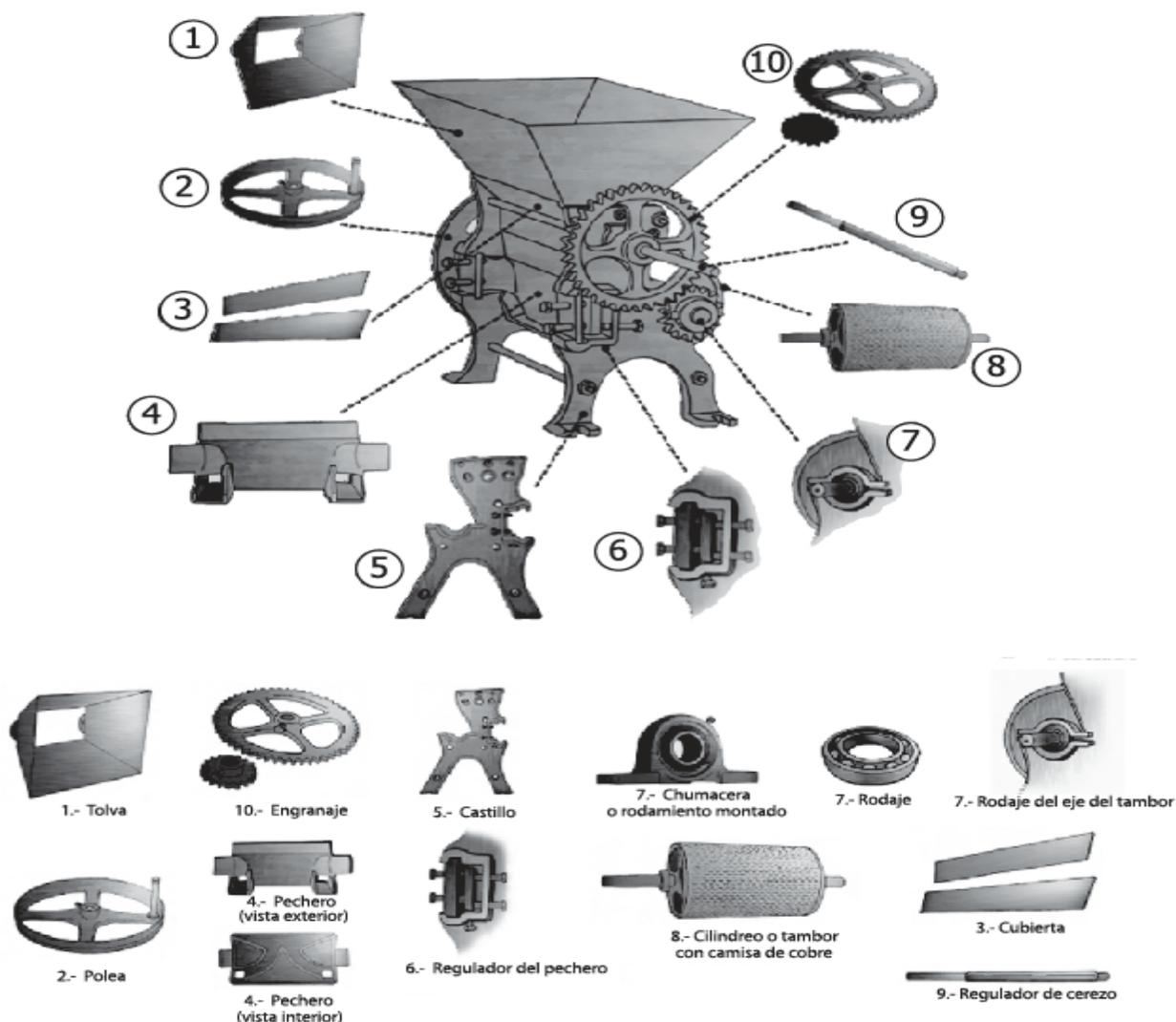


Figura 41. Despulpadora de café y sus partes.

Fermentación natural del café despulpado.- Es un proceso biológico natural donde intervienen hongos, levaduras y bacterias (microbios) que se alimentan de los azúcares y degradan el mucílago adherido al pergamino. El tiempo de fermentación en café arábigo, varía de acuerdo a la temperatura de la localidad entre 12 y 20 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 o molde (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.- 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.

El secado del café pergamino húmedo, el almacenamiento y transporte; así como el trillado del café pergamino seco son labores que se aplican de manera general en los procesos de preparación de cafés lavados.

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 12 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, mesas africanas, secadores solares (marquesinas) o secadores artificiales.
- Los tendales, entablillados de madera, zarandas, camas africanas y secadores solares o artificiales 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 con lonas, 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 estos hongos causa deterioro en la calidad física de los granos y en la calidad organoléptica de la bebida; además, de constituir un riesgo de incidencia de la Ocratoxina A (OTA)²³.
- El secado debe hacerse esparciendo los granos en capas delgadas de 5 centímetros de espesor y removiendo de 3 a 4 veces al día.
- Controlar la humedad del grano usando métodos tradicionales o el determinador de humedad para estimar el punto óptimo de secado.
- 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.

En la Figura 42, se indican algunas pruebas a nivel de campo, para estimar el punto de secado del grano; así como, un determinador de humedad electrónico. Estas pruebas de secado deben realizarse de manera periódica.

²³. 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*.



Figura 42. Pruebas de secado a nivel de campo y determinador de humedad.

Almacenamiento y transporte.- Para el almacenamiento y transporte del café pergamino seco, se recomienda:

- El café pergamino seco, con una humedad del 10 al 12%, 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 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.- Consiste en la eliminación del pergamino 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.

15.1.2. 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 desmucilagador mecánico y un sistema de lavado. El café pergamino húmedo, luego del secado y trillado da como producto el café lavado (Roa *et al.* 1999, Farfán 2000).

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 desmucilaginador y simultáneamente se realiza el lavado (por fricción y adición de agua). Mediante este método se obtiene directamente el café pergamino húmedo. En la Foto 45, se exponen los procesos de beneficio húmedo y beneficio ecológico.

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.

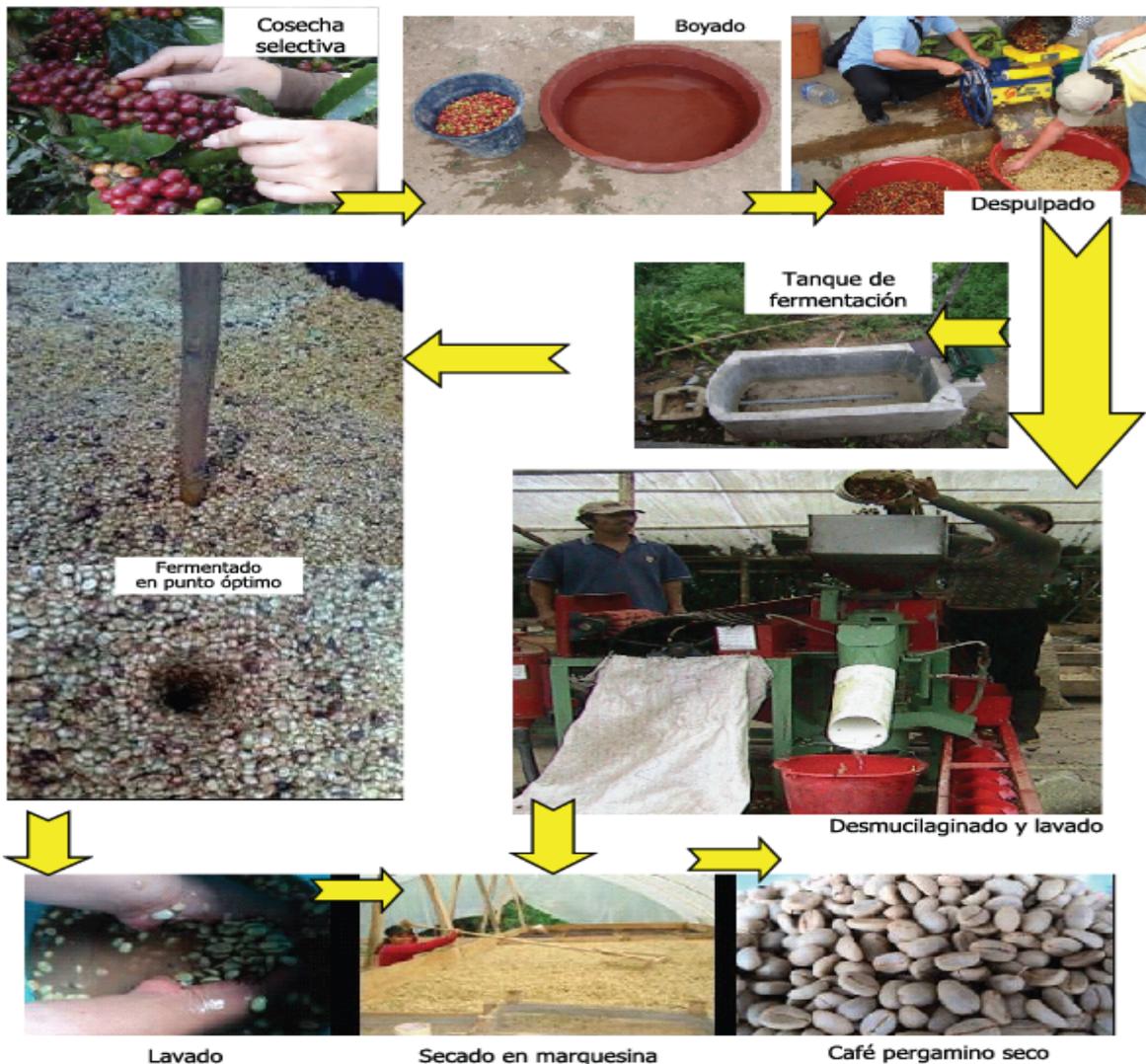


Foto 45. Beneficio húmedo y beneficio ecológico del café.

15.1.3. Beneficio húmedo enzimático

El beneficio húmedo enzimático es un proceso de transformación del café cereza a café pergamino húmedo, usando enzimas pectolíticas²⁴ que aceleran la fermentación del café despulpado (Foto 46).

Para este proceso se requiere de tanques tinas o recipientes plásticos, de volúmenes que están relacionados a la cantidad de café a ser procesado.

El café pergamino húmedo, luego del secado se transforma en café pergamino seco, que luego de la trilla da como producto final el café lavado (COFENAC 2010).

El café cereza maduro, después del boyado, se despulpa en un equipo mecánico (despulpadora) y sobre este café despulpado se añade el producto enzimático, se remueve intensamente para que ocurra una completa dispersión de la enzima dentro de la masa.

Adición del producto enzimático.- En la adición del producto enzimático, a la masa de café despulpado, hay que considerar lo siguiente:

- El café despulpado o "café baba" debe colocarse en tanques de cemento o recipientes adecuados de plástico. No deben usarse recipientes metálicos.
- Asegurarse de que el producto comercial enzimático sea el específico para acelerar la fermentación del café despulpado.
- La dosis adecuada del producto enzimático²⁵ 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).
- 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.
 - Remover continuamente la masa de café despulpado con las enzimas.
 - 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.

²⁴. 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.

²⁵. Granozime café es el nombre comercial del producto enzimático usado en este proceso de beneficio.

Secado, 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.



Foto 46. Beneficio húmedo enzimático del café.

15.2. PREPARACIÓN DEL CAFÉ SEMILAVADO O “CAFÉ HONEY”

El método de beneficio que se usa para obtener café semilavado o “honey” es el beneficio semihúmedo.

15.2.1. 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 43).

El café pergamino seco “con miel”, luego del trillado da como producto final el café semilavado (Duicela *et al.* 2010, COFENAC 2010, Ormazza y Valeriano 2008).

Despulpado del café cereza.- El café cereza maduro, clasificado mediante el boyado, se despulpa en una máquina despulpadora, bien calibrada. El despulpado debe hacerse el mismo día de la cosecha. El café despulpado se coloca inmediatamente en las zarandas metálicas o de plástico, en un tendal de cemento, en una marquesina o en una cama africana de secado. No se debe secar el café "baba" o con mucílago en entablillados de caña o madera.

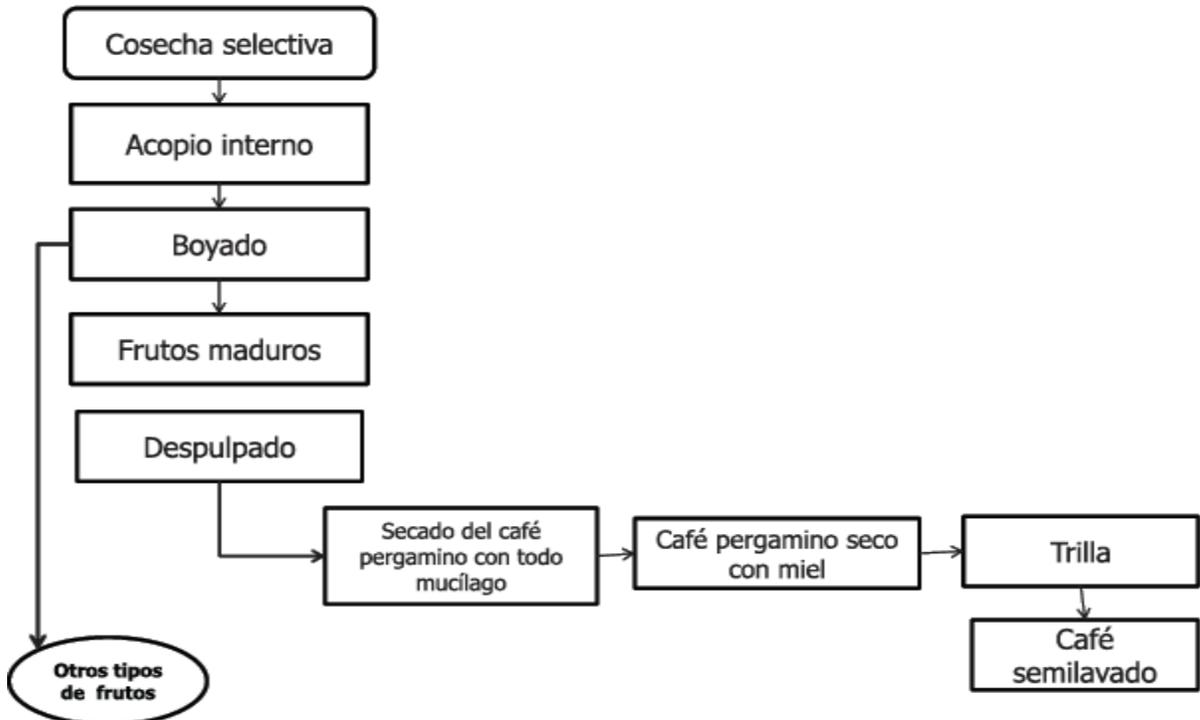


Figura 43. Esquema de la preparación del café semilavado.

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 12% 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.

Almacenamiento, transporte y trillado.- El café pergamino seco "con miel" puede ser almacenado 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 12 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.

En la Foto 47, se observa las características del "café honey".



Foto 47. Beneficio semihúmedo del café.

15.3. PREPARACIÓN DEL CAFÉ NATURAL

El beneficio por la vía seca es un proceso de transformación del café cereza a café natural (Haarer 1984).

Este método de beneficio se basa en la deshidratación de los frutos del café hasta un contenido de humedad del 10 al 12 por ciento. Luego del secado, se tiene el llamado "café bola" o "bola seca". Todas las envolturas del café "bola seca" se eliminan en una piladora, para dar como producto el café natural (Figura 44).

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. Sin embargo, por la vía seca, se pueden beneficiar todos los frutos cosechados, en diferentes grados de madurez (Foto 47), incluyéndose los pintones, sobre maduros y frutos secos.

Cabe enfatizar que la mayoría de los defectos físicos y de taza están asociados a este método de beneficio; pero si se toman en consideración los principios de higiene y de buenas prácticas en la poscosecha, se pueden obtener cafés naturales de alta calidad.



Figura 44. Esquema del proceso de beneficio por la vía seca: A: Café de alta calidad; y, B: Café común.

Secado del café cereza.- El secado, en este proceso, tiene el objetivo de deshidratar las cerezas hasta un rango de humedad del 10 al 12 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 granos de diferentes grados 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.

El café "bola seca" puede ser almacenado en sacos de yute o cabuya limpios, en lugares secos y ventilados, sobre estibas de madera o plástico. En el transporte del café "bola seca" hacia la piladora o los centros de acopio o venta, se debe proteger del polvo, de la lluvia y de contaminantes físicos, químicos y biológicos.

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.- Las recomendaciones de almacenamiento y transporte referidas para los cafés lavados, también se aplican para los cafés naturales.

En Cuadro 29, se indican las principales conversiones del café arábigo, usadas a nivel del comercio local, nacional e internacional.

Cuadro 29. Principales conversiones del café arábigo.

Conversión	Relación	Unidades de origen	Unidades convertidas	Factor	De:	A:
De <u>café cereza</u> a café oro	= 5,00 : 1,00	500 libras de café cereza	100 libras de café oro	5,00	500	100
De <u>café cereza</u> a café bola seca	= 2,78 : 1,00	278 libras de café cereza	100 libras de café bola seca	2,78	278	100
De <u>café cereza</u> a café pergamino seco	= 4,00 : 1,00	400 libras de café cereza	100 libras de café pergamino seco	4,00	400	100
De <u>café cereza</u> a café pergamino oreado	= 2,22 : 1,00	220 libras de café cereza	100 libras de café oreado	2,22	222	100
De <u>café bola seca</u> a café oro	= 1,80 : 1,00	180 libras de café bola seca	100 libras de café oro	1,80	180	100
De <u>café pergamino oreado</u> a café oro	= 2,25 : 1,00	225 libras de café oreado	100 libras de café oro	2,25	225	100
De <u>café pergamino seco</u> a café oro	= 1,25 : 1,00	125 libras de café pergamino seco	100 libras de café oro	1,25	125	100
De <u>café oro</u> a café tostado y molido	= 1,00 : 0,80	100 libras de café oro	80 libras de café tostado y molido	1,25	125	100
Conversión	Relación	Unidades de origen	Unidades convertidas	Factor	De:	A:
De <u>café oro</u> a café cereza	= 1,00 : 5,00	100 libras de café oro	500 libras de café cereza	0,2	20	100
De <u>café bola seca</u> a café cereza	= 1,00 : 2,78	100 libras de café bola seca	278 libras de café bola cereza	0,36	36	100
De <u>café pergamino seco</u> a café cereza	= 1,00 : 4,00	100 libras de café pergamino seco	400 libras de café cereza	0,25	25	100
De <u>café pergamino oreado</u> a café cereza	= 1,00 : 2,22	100 libras de café pergamino oreado	222 libras de café cereza	0,45	45	100
De <u>café oro a</u> café bola seca	= 1,00 : 1,80	100 libras de café oro	180 libras de café bola seca	0,556	56	100
De <u>café oro</u> a café pergamino oreado	= 1,00 : 2,25	100 libras de café oro	225 libras de café pergamino oreado	0,444	44	100
De <u>café oro</u> a café pergamino seco	= 1,00 : 1,25	100 libras de café oro	125 libras de café pergamino seco	0,8	80	100
De <u>café tostado y molido</u> a café oro	= 0,80 : 1,00	80 libras de café tostado y molido	100 libras de café oro	0,8	80	100

LITERATURA CONSULTADA

- COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC) / Solubles Instantáneos, EC. 2010. Influencia de métodos de beneficio sobre la calidad organoléptica del café arábigo: Informe Técnico. Portoviejo, EC. 53 p.
- 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.
- Duicela Guambi, LA; Farfán Talledo, DS; García Rodríguez, J; Corral Castillo, R; Chilán Villafuerte, W. 2004. Poscosecha y calidad del café arábigo. Manta, EC. COFENAC, ELCAFE, PROMSA. p. 5-23.
- Duicela Guambi, LA; Guamán Aguilar, J; Corral Castillo, R; Farfán Talledo, D. 2010. Métodos de beneficio del café arábigo. Manta, EC. COFENAC, Solubles Instantáneos. 16 p. (Boletín Divulgativo nº 07).
- Farfán Talledo, DS. 2000. Comparación de tres procesos post cosecha 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.
- Haarer, AE. 1984. Producción Moderna de Café. Ed. L Hill. Trad. M Godínez. 2 ed. rev. México, Editorial Continental. p. 343-393.
- 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.
- Roa M, G; Oliveros T, CE; Alvarez G, J; Ramírez G, CA; Sanz U, JR; Dávila A, MT; Alvarez 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.

15. COSECHA Y POSCOSECHA DEL CAFÉ ARÁBIGO

La cosecha selectiva y la adecuada poscosecha contribuyen al aseguramiento de la calidad del café (Duicela y Sotomayor 1993).

En el mercado, según los métodos de beneficio usados, se comercializan tres tipos de café:

- Cafés lavados
- Cafés semilavados
- Cafés naturales

15.1. 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. 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 (Duicela *et al.* 2004).

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.

Plan de cosecha y poscosecha.- El plan de cosecha y poscosecha involucra los siguientes elementos:

- Determinar el potencial 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.
- Calibrar, limpiar y dar mantenimiento a los equipos: despulpadoras, bombas de agua y motores.
- Adecuar y dar mantenimiento a las instalaciones eléctricas.
- Adecuar y dar mantenimiento a los reservorios, tanques e instalaciones para la provisión de agua.
- Adecuar, arreglar o construir los tanques de fermentación y de lavado.
- Adecuar, arreglar o construir las pozas de infiltración de aguas mieles.
- 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 micotoxinas (especialmente sobre Ocratoxina A - OTA) y aspectos de la calidad física y organoléptica.

Cosecha selectiva.- Consiste en la acción de recolectar los frutos maduros o cerezas. En la cosecha del café se deben considerar los siguientes aspectos:

- Determinar el estado de madurez de los frutos, según las variedades o híbridos.
- Recolectar los frutos maduros, de manera selectiva, sobre lonas tendidas en el suelo o en diferentes recipientes (canastas, baldes, sacos, alforjas).
- Realizar las recolecciones del café cereza en forma manual, las veces que sean necesarias, a medida que vayan madurando los frutos.

- Cuando se realiza la cosecha mecánica hay mezcla de los frutos maduros, pintones, tiernos y sobremaduros que deben ser clasificados de acuerdo a la madurez.
- 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 el peso de la producción potencial y causa un detrimento en la calidad de taza, por lo que debe evitarse esta práctica. Cuando se cosecha el 100% de frutos inmaduros, el peso potencial se reduce en un 33 por ciento. Por lo tanto, si la producción potencial fuese de 1.000 kilos de café cereza/hectárea, al cosechar en estado inmaduro se obtendría 670 kilos de peso, lo que significa una pérdida de peso de 330 kilos por cada 1.000 kilos de cosecha potencial.

En los casos donde se constate mezclas de los frutos maduros con los tiernos y sobre maduros, se debe proceder a la clasificación 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 de la cosecha 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.
- Evitar que el café cereza reciba los rayos solares por tiempos prolongados.
- No amontonar el café cereza por períodos mayores a tres horas.
- 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 cereza o el café en procesamiento se contamine con hongos y bacterias (contaminación biológica).
- Asegurar que las personas encargadas de procesar el café tengan un buen estado de salud.

Boyado del café cereza.- El boyado es la acción de 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 llenos (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 remover 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 por densidad en el boyado, continuar el proceso de beneficio: por la vía húmeda, ecológico o húmedo enzimático.

En la Figura 40, se expone el esquema de los métodos de beneficio usados para la preparación de los cafés lavados.

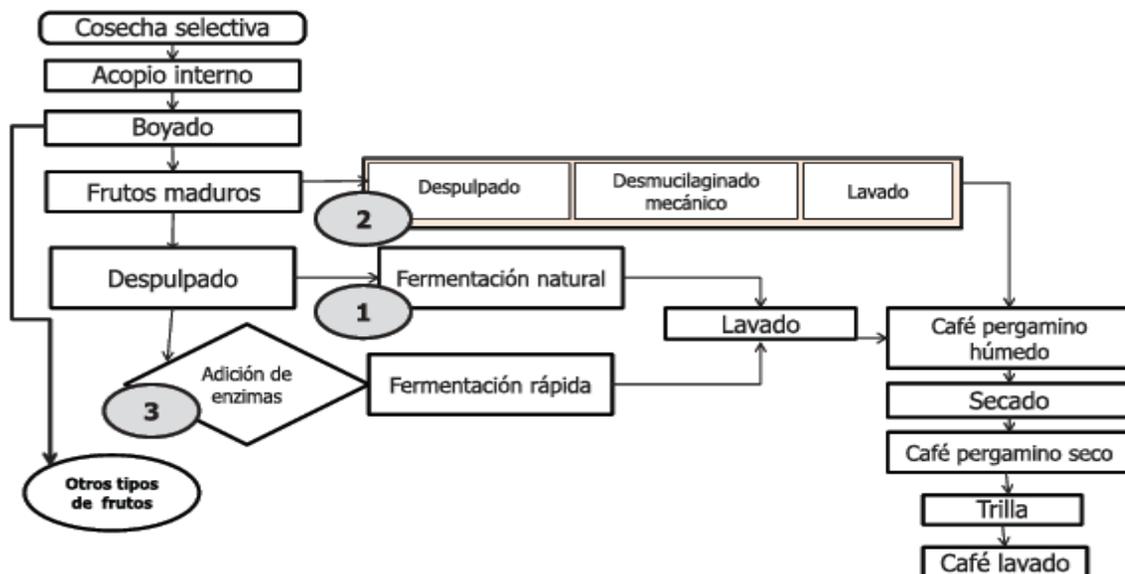


Figura 40. Esquema de los métodos de beneficio para preparar cafés lavados: 1) Beneficio por la vía húmeda; 2) beneficio ecológico; y, 3) beneficio húmedo enzimático.

15.1.1. 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.

El café pergamino húmedo luego del secado se transforma en café pergamino seco, posteriormente se trilla y da como producto final el café lavado (Duicela *et al.* 2010). El proceso de beneficio por la vía húmeda se diferencia de los demás porque involucra el despulpado, la fermentación natural y el lavado.

Despulpado.- Es la acción de eliminación de la cáscara del fruto (epidermis). En el despulpado también se elimina una parte de la pulpa o mesocarpio. El despulpado de las cerezas se realiza usando una despulpadora. 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 tina 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.

En la Figura 41, se indican las partes de una despulpadora manual, que deben tener un mantenimiento periódico, antes, durante y después de la época de cosecha.

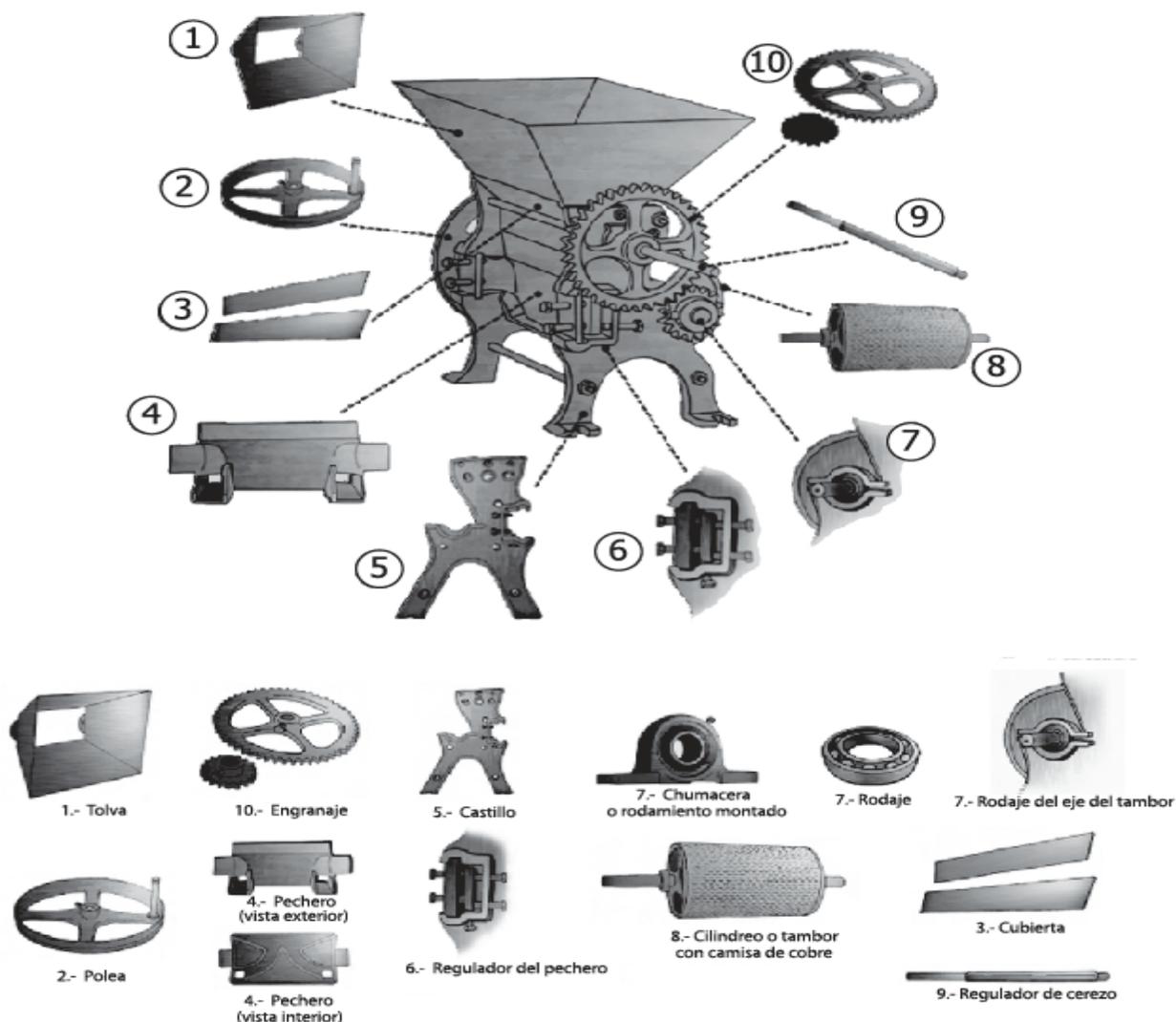


Figura 41. Despulpadora de café y sus partes.

Fermentación natural del café despulpado.- Es un proceso biológico natural donde intervienen hongos, levaduras y bacterias (microbios) que se alimentan de los azúcares y degradan el mucílago adherido al pergamino. El tiempo de fermentación en café arábigo, varía de acuerdo a la temperatura de la localidad entre 12 y 20 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 o molde (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.- 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.

El secado del café pergamino húmedo, el almacenamiento y transporte; así como el trillado del café pergamino seco son labores que se aplican de manera general en los procesos de preparación de cafés lavados.

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 12 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, mesas africanas, secadores solares (marquesinas) o secadores artificiales.
- Los tendales, entablillados de madera, zarandas, camas africanas y secadores solares o artificiales 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 con lonas, 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 estos hongos causa deterioro en la calidad física de los granos y en la calidad organoléptica de la bebida; además, de constituir un riesgo de incidencia de la Ocratoxina A (OTA)²³.
- El secado debe hacerse esparciendo los granos en capas delgadas de 5 centímetros de espesor y removiendo de 3 a 4 veces al día.
- Controlar la humedad del grano usando métodos tradicionales o el determinador de humedad para estimar el punto óptimo de secado.
- 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.

En la Figura 42, se indican algunas pruebas a nivel de campo, para estimar el punto de secado del grano; así como, un determinador de humedad electrónico. Estas pruebas de secado deben realizarse de manera periódica.

²³. 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*.



Figura 42. Pruebas de secado a nivel de campo y determinador de humedad.

Almacenamiento y transporte.- Para el almacenamiento y transporte del café pergamino seco, se recomienda:

- El café pergamino seco, con una humedad del 10 al 12%, 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 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.- Consiste en la eliminación del pergamino 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.

15.1.2. 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 desmucilaginador mecánico y un sistema de lavado. El café pergamino húmedo, luego del secado y trillado da como producto el café lavado (Roa *et al.* 1999, Farfán 2000).

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 desmucilaginador y simultáneamente se realiza el lavado (por fricción y adición de agua). Mediante este método se obtiene directamente el café pergamino húmedo. En la Foto 45, se exponen los procesos de beneficio húmedo y beneficio ecológico.

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.

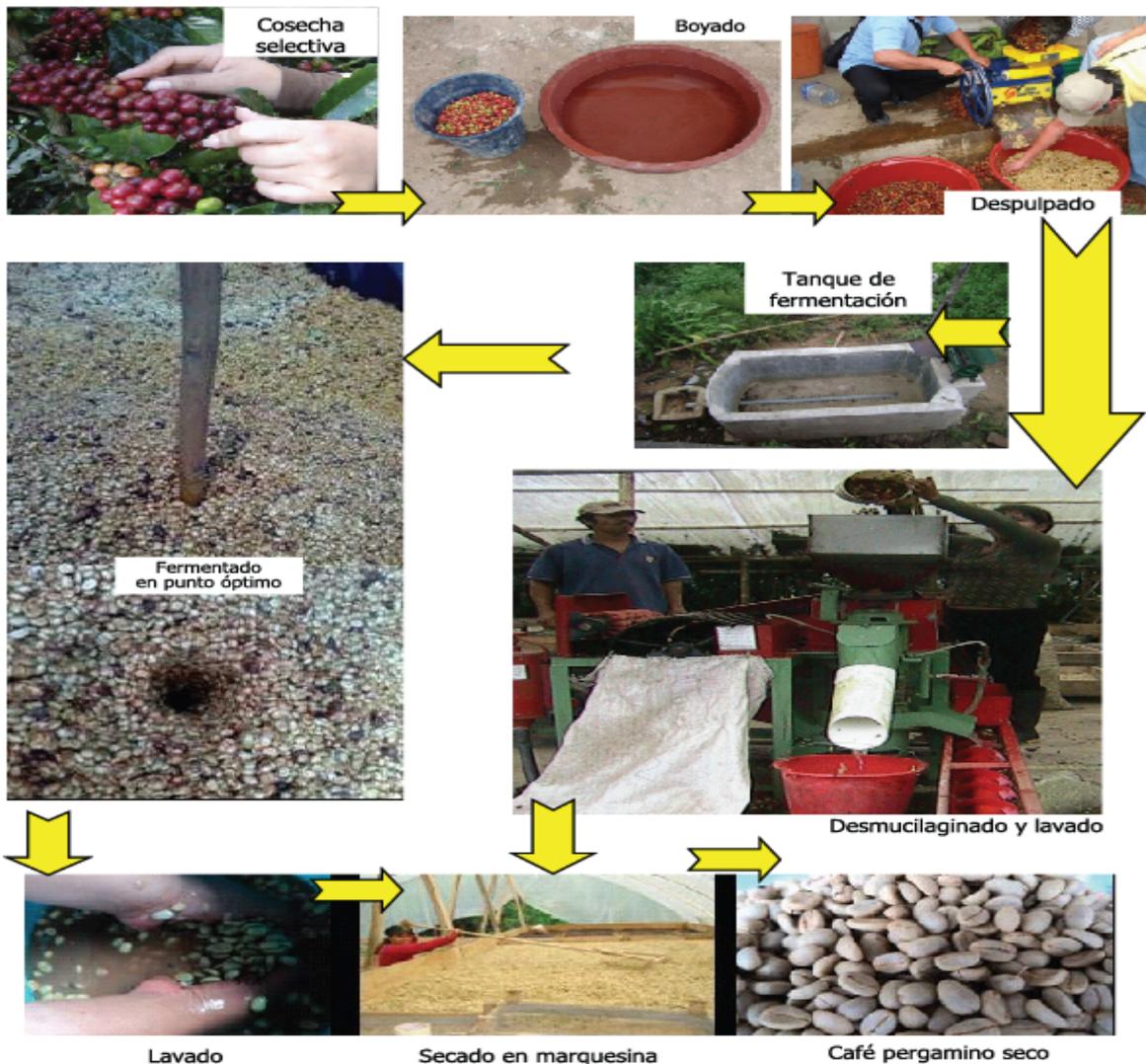


Foto 45. Beneficio húmedo y beneficio ecológico del café.

15.1.3. Beneficio húmedo enzimático

El beneficio húmedo enzimático es un proceso de transformación del café cereza a café pergamino húmedo, usando enzimas pectolíticas²⁴ que aceleran la fermentación del café despulpado (Foto 46).

Para este proceso se requiere de tanques tinas o recipientes plásticos, de volúmenes que están relacionados a la cantidad de café a ser procesado.

El café pergamino húmedo, luego del secado se transforma en café pergamino seco, que luego de la trilla da como producto final el café lavado (COFENAC 2010).

El café cereza maduro, después del boyado, se despulpa en un equipo mecánico (despulpadora) y sobre este café despulpado se añade el producto enzimático, se remueve intensamente para que ocurra una completa dispersión de la enzima dentro de la masa.

Adición del producto enzimático.- En la adición del producto enzimático, a la masa de café despulpado, hay que considerar lo siguiente:

- El café despulpado o "café baba" debe colocarse en tanques de cemento o recipientes adecuados de plástico. No deben usarse recipientes metálicos.
- Asegurarse de que el producto comercial enzimático sea el específico para acelerar la fermentación del café despulpado.
- La dosis adecuada del producto enzimático²⁵ 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).
- 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.
 - Remover continuamente la masa de café despulpado con las enzimas.
 - 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.

²⁴. El producto enzimático está compuesto de pectinasas; son un grupo de enzimas capaces de decomponer o separar sustratos de polisacáridos encontrados en la pulpa del café.

²⁵. Granozime café es el nombre comercial del producto enzimático usado en este proceso de beneficio.

Secado, 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.



Foto 46. Beneficio húmedo enzimático del café.

15.2. PREPARACIÓN DEL CAFÉ SEMILAVADO O “CAFÉ HONEY”

El método de beneficio que se usa para obtener café semilavado o “honey” es el beneficio semihúmedo.

15.2.1. 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 43).

El café pergamino seco “con miel”, luego del trillado da como producto final el café semilavado (Duicela *et al.* 2010, COFENAC 2010, Ormazza y Valeriano 2008).

Despulpado del café cereza.- El café cereza maduro, clasificado mediante el boyado, se despulpa en una máquina despulpadora, bien calibrada. El despulpado debe hacerse el mismo día de la cosecha. El café despulpado se coloca inmediatamente en las zarandas metálicas o de plástico, en un tendal de cemento, en una marquesina o en una cama africana de secado. No se debe secar el café "baba" o con mucílago en entablillados de caña o madera.

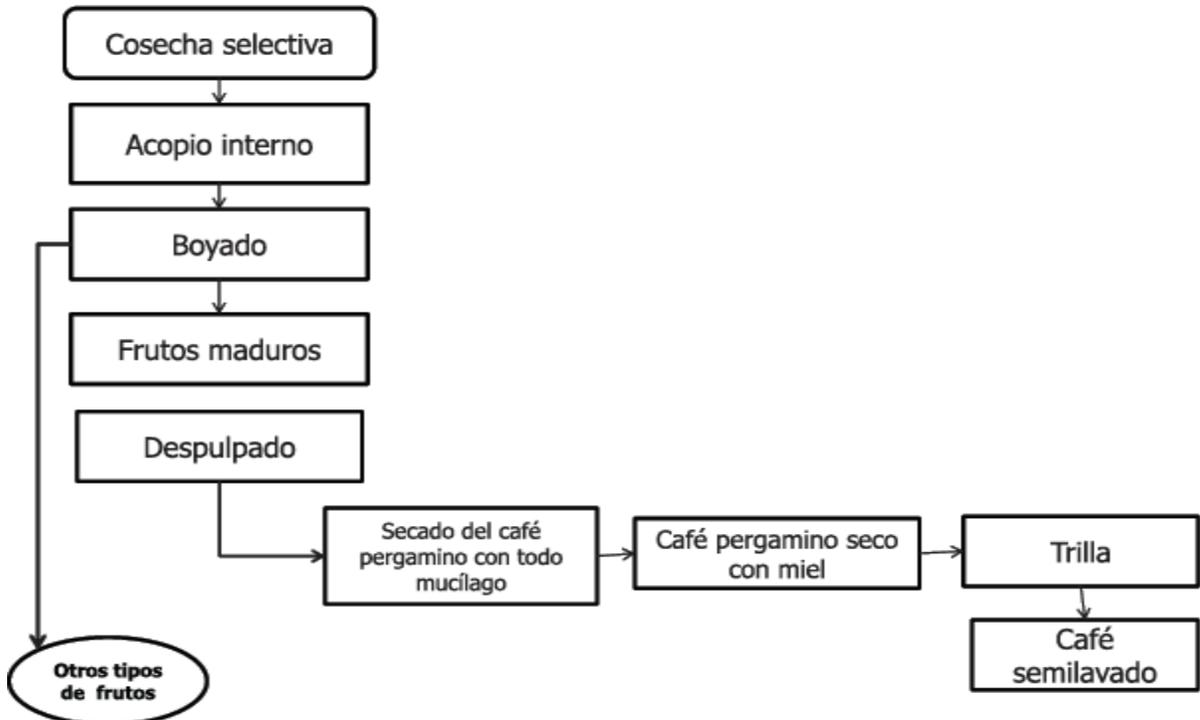


Figura 43. Esquema de la preparación del café semilavado.

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 12% 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.

Almacenamiento, transporte y trillado.- El café pergamino seco "con miel" puede ser almacenado 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 12 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.

En la Foto 47, se observa las características del "café honey".



Foto 47. Beneficio semihúmedo del café.

15.3. PREPARACIÓN DEL CAFÉ NATURAL

El beneficio por la vía seca es un proceso de transformación del café cereza a café natural (Haarer 1984).

Este método de beneficio se basa en la deshidratación de los frutos del café hasta un contenido de humedad del 10 al 12 por ciento. Luego del secado, se tiene el llamado "café bola" o "bola seca". Todas las envolturas del café "bola seca" se eliminan en una piladora, para dar como producto el café natural (Figura 44).

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. Sin embargo, por la vía seca, se pueden beneficiar todos los frutos cosechados, en diferentes grados de madurez (Foto 47), incluyéndose los pintones, sobre maduros y frutos secos.

Cabe enfatizar que la mayoría de los defectos físicos y de taza están asociados a este método de beneficio; pero si se toman en consideración los principios de higiene y de buenas prácticas en la poscosecha, se pueden obtener cafés naturales de alta calidad.



Figura 44. Esquema del proceso de beneficio por la vía seca: A: Café de alta calidad; y, B: Café común.

Secado del café cereza.- El secado, en este proceso, tiene el objetivo de deshidratar las cerezas hasta un rango de humedad del 10 al 12 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 granos de diferentes grados 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.

El café "bola seca" puede ser almacenado en sacos de yute o cabuya limpios, en lugares secos y ventilados, sobre estibas de madera o plástico. En el transporte del café "bola seca" hacia la piladora o los centros de acopio o venta, se debe proteger del polvo, de la lluvia y de contaminantes físicos, químicos y biológicos.

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.- Las recomendaciones de almacenamiento y transporte referidas para los cafés lavados, también se aplican para los cafés naturales.

En Cuadro 29, se indican las principales conversiones del café arábigo, usadas a nivel del comercio local, nacional e internacional.

Cuadro 29. Principales conversiones del café arábigo.

Conversión	Relación	Unidades de origen	Unidades convertidas	Factor	De:	A:
De <u>café cereza</u> a café oro	= 5,00 : 1,00	500 libras de café cereza	100 libras de café oro	5,00	500	100
De <u>café cereza</u> a café bola seca	= 2,78 : 1,00	278 libras de café cereza	100 libras de café bola seca	2,78	278	100
De <u>café cereza</u> a café pergamino seco	= 4,00 : 1,00	400 libras de café cereza	100 libras de café pergamino seco	4,00	400	100
De <u>café cereza</u> a café pergamino oreado	= 2,22 : 1,00	220 libras de café cereza	100 libras de café oreado	2,22	222	100
De <u>café bola seca</u> a café oro	= 1,80 : 1,00	180 libras de café bola seca	100 libras de café oro	1,80	180	100
De <u>café pergamino oreado</u> a café oro	= 2,25 : 1,00	225 libras de café oreado	100 libras de café oro	2,25	225	100
De <u>café pergamino seco</u> a café oro	= 1,25 : 1,00	125 libras de café pergamino seco	100 libras de café oro	1,25	125	100
De <u>café oro</u> a café tostado y molido	= 1,00 : 0,80	100 libras de café oro	80 libras de café tostado y molido	1,25	125	100
Conversión	Relación	Unidades de origen	Unidades convertidas	Factor	De:	A:
De <u>café oro</u> a café cereza	= 1,00 : 5,00	100 libras de café oro	500 libras de café cereza	0,2	20	100
De <u>café bola seca</u> a café cereza	= 1,00 : 2,78	100 libras de café bola seca	278 libras de café bola cereza	0,36	36	100
De <u>café pergamino seco</u> a café cereza	= 1,00 : 4,00	100 libras de café pergamino seco	400 libras de café cereza	0,25	25	100
De <u>café pergamino oreado</u> a café cereza	= 1,00 : 2,22	100 libras de café pergamino oreado	222 libras de café cereza	0,45	45	100
De <u>café oro a</u> café bola seca	= 1,00 : 1,80	100 libras de café oro	180 libras de café bola seca	0,556	56	100
De <u>café oro</u> a café pergamino oreado	= 1,00 : 2,25	100 libras de café oro	225 libras de café pergamino oreado	0,444	44	100
De <u>café oro</u> a café pergamino seco	= 1,00 : 1,25	100 libras de café oro	125 libras de café pergamino seco	0,8	80	100
De <u>café tostado y molido</u> a café oro	= 0,80 : 1,00	80 libras de café tostado y molido	100 libras de café oro	0,8	80	100

LITERATURA CONSULTADA

- COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC) / Solubles Instantáneos, EC. 2010. Influencia de métodos de beneficio sobre la calidad organoléptica del café arábigo: Informe Técnico. Portoviejo, EC. 53 p.
- 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.
- Duicela Guambi, LA; Farfán Talledo, DS; García Rodríguez, J; Corral Castillo, R; Chilán Villafuerte, W. 2004. Poscosecha y calidad del café arábigo. Manta, EC. COFENAC, ELCAFE, PROMSA. p. 5-23.
- Duicela Guambi, LA; Guamán Aguilar, J; Corral Castillo, R; Farfán Talledo, D. 2010. Métodos de beneficio del café arábigo. Manta, EC. COFENAC, Solubles Instantáneos. 16 p. (Boletín Divulgativo nº 07).
- Farfán Talledo, DS. 2000. Comparación de tres procesos post cosecha 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.
- Haarer, AE. 1984. Producción Moderna de Café. Ed. L Hill. Trad. M Godínez. 2 ed. rev. México, Editorial Continental. p. 343-393.
- 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.
- Roa M, G; Oliveros T, CE; Alvarez G, J; Ramírez G, CA; Sanz U, JR; Dávila A, MT; Alvarez 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.

17. CAFÉS DE ESPECIALIDADES

Un café especial es aquel producto que se distingue de los demás por sus características especiales que le dan mayor valor agregado como: sus particulares características de taza, las zonas agroecológicas donde se cultiva, la tecnología de producción y procesamiento que se emplea, su aporte en la conservación de la biodiversidad y los principios solidarios que garantizan un precio justo para el caficultor (Duicela *et al.* 2004).

Los cafés diferenciados o de especialidades reúnen uno o varios atributos en el producto, como: Origen, calidad de taza, contribución a la conservación y fortalecimiento del desarrollo social y asociatividad de los pequeños productores.

De acuerdo a la *Specialty Coffee Association of América (SCAA)*, un café de especialidad es “un café que no presenta defectos y tiene un sabor distintivo en taza” (SCAA 2009b). Otro concepto es que “para ser considerado de especialidad, un café debe ser notablemente bueno” (JOCUTLA 2007).

Un elemento transversal que distingue a los cafés de especialidades es el adecuado manejo de la pre cosecha y poscosecha (Figura 45).

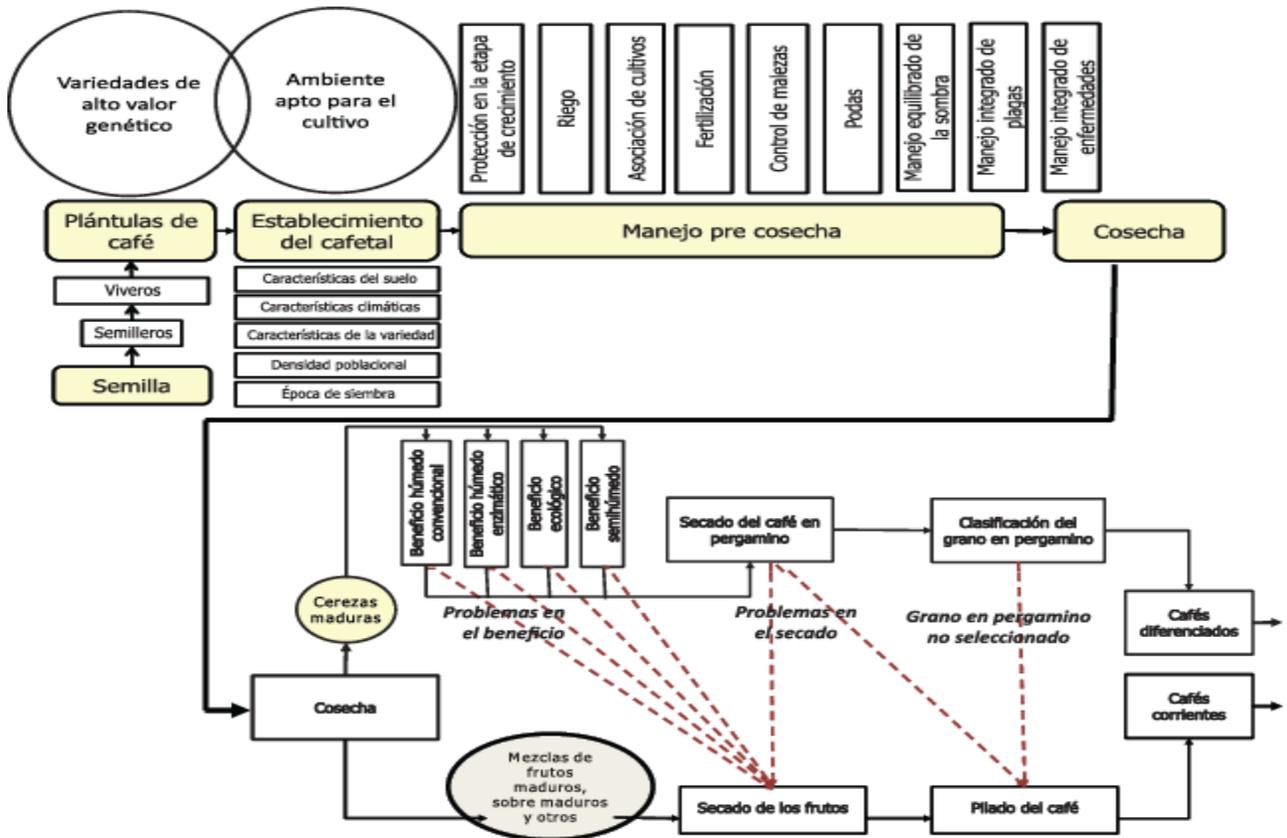


Figura 45. Esquema del manejo del cultivo y poscosecha de un café diferenciado.

Conocer exactamente los procedimientos de manejo del cultivo, de la poscosecha, del tratamiento de las aguas mieles, del manejo de subproductos, entre otros aspectos, exige la elaboración participativa de planes específicos; así como, de la información oportuna y veraz a las agencias certificadoras, en unos casos, o a las empresas compradoras del grano, en otros casos.

Se estima que solo el 7% del café que se negocia en el mundo corresponde a los cafés diferenciados; por tanto, hay muchas oportunidades para su crecimiento, considerando que un importante segmento de los consumidores están dispuestos a pagar más por un buen café; además, de poder contribuir al desarrollo sostenible de los pueblos donde se produce el grano.

17.1. DIFERENCIACIÓN POR EL ORIGEN

Un café diferenciado por el origen tiene como criterio fundamental el reconocimiento de los consumidores, en al menos una de las tres condiciones:

Territorio donde se cultiva.- Hace referencia a la localidad geográfica de alto valor histórico o ecológico donde se produce el café. En este contexto se desarrollan: Galápagos Coffee, Café de Loja, Café Zaruma, Café Puyango y Café Vilcabamba. Ciertamente, existen muchas posibilidades para desarrollar cafés de origen relacionándolos con las áreas protegidas y elementos del patrimonio cultural.

Pueblo o comunidades que se dedican a la producción.- En el Ecuador, varias etnias y grupos humanos están dedicados a la producción de café.

Las perspectivas de desarrollar cafés vinculados a los pueblos nativos son muy promisorias. El Café Yumbo, en el noroccidente de Pichincha, es una interesante experiencia. Otros pueblos que producen café son: Shwaras, kichwas de la sierra y amazonia, Saraguros, Secoyas, Chachis, Tzáchilas y Montubios.

Finca específica.- Algunas fincas o haciendas que reúnen condiciones agroecológicas excepcionales y que producen cafés con atributos diferenciados, también se enmarcan en este grupo de cafés especiales. La Finca "Bonanza" del noroccidente de Pichincha, la Hacienda "El Cafetal" de San Cristóbal, Finca "Monte Perdido" en Intag, son algunos ejemplos de este tipo de café origen.

17.2. CALIDAD DE TAZA ESPECIAL

La calidad de taza está determinada por el conjunto de características organolépticas que son valoradas sensorialmente por los expertos catadores con criterios y normas específicas. En el Ecuador, se usa la escala de valoración sensorial de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA por sus Siglas en Inglés).

Un café fino también se lo identifica como café gourmet. *"Si se cuenta con un grano de calidad y las condiciones ambientales ideales, se necesitará, además, experiencia en el procesamiento para lograr una excelente taza. Juntos, estos factores producen el mejor café gourmet"* (Café Britt 2009).

El *café gourmet* es un café fino, de altura³⁴ o de estricta altura³⁵, con aroma intenso y delicado, sabor, acidez y cuerpo equilibrados y alta puntuación otorgada

³⁴. Café de altura se considera al producto cultivado entre los 800 y 1200 msnm.

³⁵. Café de estricta altura es el producto cultivado arriba de los 1.200 msnm.

por los catadores expertos, producido en localidades y ecosistemas privilegiados con un apropiado manejo del cultivo y tratamiento poscosecha. Cerca del 70% de la calidad intrínseca del grano de café es determinada por las características genéticas de la semilla y el otro 30% por el ecosistema en el que se cultiva.

En el Ecuador, desde el 2007, se realiza anualmente el Concurso "Taza Dorada"³⁶, evento donde se identifican los cafés finos por su origen, basándose en los estándares y Protocolos (SCAA 2009a). Los cafés de San Antonio de las Aradas, Quilanga, Chaguarpamba, Olmedo, Espíndola, Cariamanga, Palanda, Zamora y Noroccidente de Pichincha han sobresalido en estos concursos de calidad.

17.3. CONTRIBUCIÓN A LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Los cafés diferenciados que enfatizan los criterios ambientales, normalmente son certificados en base de estándares de los países consumidores o son aceptados por acuerdos privados entre productores y compradores.

Estos cafés "amigables con el ambiente" se orientan a satisfacer los exigentes mercados que demandan productos de excelente calidad organoléptica; a asegurar la inocuidad del café para proteger la salud de los consumidores y a promover sistemas sostenibles de producción. En este contexto, se están desarrollando en el Ecuador los cafés orgánicos, Rainforest Alliance, de conservación y Bird Friendly.

Café orgánico

La agricultura orgánica es un sistema de producción que mediante el manejo racional de los recursos naturales y sin la utilización de productos de síntesis química, brinda alimentos sanos, contribuye a mantener e incrementar la fertilidad del suelo y la diversidad biológica.

La producción orgánica es el resultado de la acción individual y colectiva de agricultores con el apoyo de los movimientos ecologistas, especialmente de Europa y Estados Unidos, frente a los riesgos inherentes al uso excesivo o mal uso de los agroquímicos, para convertirse en una nueva concepción en la producción de alimentos (Muro s.f.).

El "café orgánico" es el producto obtenido en base de los estándares y normas de producción y procesamiento orgánicos internacionalmente reconocidos. Para la obtención de certificaciones, los caficultores y sus organizaciones deben reunir básicamente tres condiciones (Figura 46):

- Conocer y aplicar los estándares, los principios y los criterios de producción que exige la demanda especializada.
- Elaborar e implementar las tecnologías de producción y procesamiento.
- Construir y poner en operación un sistema interno de control (SIC) que facilite determinar el grado de cumplimiento de las normas de producción, en función de los estándares exigidos por los consumidores.

³⁶. Este evento es liderado por la Asociación Nacional de Exportadores de Café (ANECAPÉ). Ecuador.



Figura 46. Elementos claves de la certificación ecológica.

Los estándares de producción ecológica están definidos por los países consumidores. Para el mercado ecuatoriano existe la "Normativa ecuatoriana para la producción, procesamiento y comercialización de productos orgánicos", expedida mediante Decreto Ejecutivo DE-3609/03³⁷; el "Reglamento de la producción agropecuaria orgánica en el Ecuador" expedida mediante Acuerdo Ministerial 177³⁸ y las Reformas expedidas mediante Acuerdo Ministerial 302-MAG.

Para el mercado de los Estados Unidos de Norte América existe la normativa "National Organic Program" (NOP), para el mercado europeo está la normativa del "Reglamento (CE) N° 834/2007" y para el mercado japonés rigen los estándares indicados en el "Japanese Agricultural Standard" (JAS) (USDA 2011, Diario Oficial de la Unión Europea 2007).

Para poder expender un producto con la etiqueta de orgánico, todos los eslabones de la cadena deben estar certificados. Esto significa que los insumos y proveedores de estos de insumos, deben estar certificados; se certifica el proceso de producción y los centros de beneficio, a nivel individual o grupal; se certifican los exportadores en el país de origen e importadores en el país de destino; así como, el proceso de transformación a café tostado y molido o a café soluble y el proceso de expendio del café.

El sistema interno de control (SIC) es un conjunto de procedimientos de autocontrol y autoevaluación que aplica la organización de productores con el propósito de garantizar el cumplimiento de los estándares fijados por los consumidores (Saborío y Delgado s.f.). Los componentes de un SIC son los siguientes: Relaciones contractuales de la organización; documentos de la organización; nominación de los responsables del sistema de calidad, reglamento interno, proceso de auditoría interna al 100% de las fincas, catálogo de sanciones, documentación de los socios, plan de capacitación y un organigrama de la organización con identificación de responsables y funciones.

³⁷. Registro Oficial 20.03.03. Edición Especial N° 1. Enero 14 del 2003.

³⁸. Se expide el Reglamento de la producción agropecuaria orgánica del Ecuador en Julio 25 del 2003.

El proceso de auditoría al Sistema Interno de Control por parte de la agencia certificadora, a través de sus inspectores, se indica en la Figura 47. Este modelo se aplica para la certificación orgánica pero también puede aplicarse para la obtención de otras certificaciones, con las directrices pertinentes de las agencias certificadoras y de la asistencia técnica especializada.

El “café orgánico” puede acompañarse de otras certificaciones como: “gourmet”, “bajo sombra” o de “comercio justo” (Duicela *et al.* 2004).

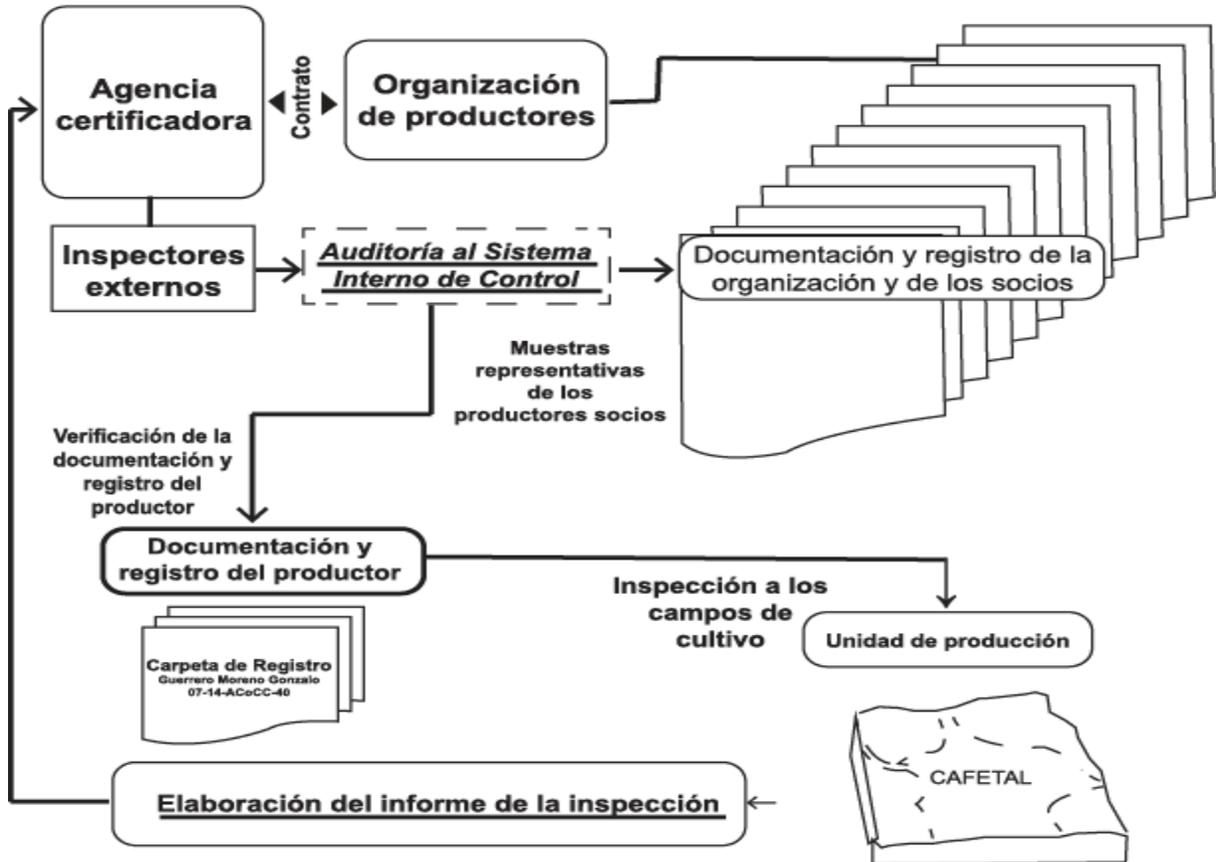


Figura 47. Proceso de auditoría de la agencia certificadora.

Café “Bird Friendly”

El café “Bird friendly” (BF) también identificado como “café bajo sombra” o “amigable con las aves” es un café orgánico cultivado en sistemas agroforestales de alta diversidad florística, certificado por el Instituto Smithsonian de las Aves Migratorias de los Estados Unidos.

Entre los criterios para obtener la certificación BF se mencionan:

- El café debe ser orgánico certificado.
- El cafetal debe manejarse bajo sistemas agroforestales de alta biodiversidad florística, con al menos 10 especies de árboles.
- El perfil del cafetal debe presentar al menos tres “estratos visibles”: dosel principal, estrato superior y estrato inferior (además del cafetal).
- El dosel principal³⁹ debe tener al menos 12 metros de altura.
- La cobertura arbórea debe ser, por lo menos, del 40%, medida después de las podas.
- El estrato emergente (arriba del dosel principal) y el estrato inferior (debajo del dosel principal) deben tener un 20% del volumen de follaje total, en cada caso.
- Las fincas deben tener una zona de amortiguamiento de por lo menos cinco metros de ancho al lado de las quebradas y 10 metros al lado de los ríos.
- En toda la finca debe haber prácticas de conservación del suelo y uso de cobertura vegetal.
- El beneficio del café debe realizarse por la vía húmeda, con un secado adecuado y un empaque que asegure la integridad del producto BF.
- El almacenamiento, etiquetado, transporte deben asegurar la inocuidad del café.
- Mantener una base documentaria y registros.
- Facilitar el acceso a los auditores.
- La obligación de informar de los cambios en el manejo del cultivo.

El Smithsonian Migratory Bird Center (SMBC) busca apoyar la conservación de las áreas boscosas en general y en particular los sistemas de producción de café. La conservación de la avifauna se comprende como una responsabilidad compartida de productores, procesadores y consumidores, sabiendo que las aves son indicadores de la salubridad global del planeta tierra (Rice y Drenning 2003).

Café de Conservación

El “Café de Conservación” es un concepto que se está posicionando actualmente dentro del mercado de los cafés especiales como parte del nicho de los cafés sostenibles y amigables con el ambiente.

Actualmente, las instituciones comprometidas con el “café de conservación” trabajan en el establecimiento de alianzas estratégicas con tostadores y compradores del grano, con el fin de promover este producto que ofrece beneficios al ambiente y a la salud humana (Conservación Internacional 2007).

Los cafés de conservación se desarrollan bajo criterios productivos, ambientales y sociales integrados, que propician la conservación de la biodiversidad, a una escala que trasciende el ámbito de la finca y estimula la conectividad entre áreas silvestres fragmentadas; así como, la protección de microcuencas y cuencas hidrográficas (Conservación Internacional 2007).

³⁹. Dosel principal de un SAF cafetalero es un nivel vertical donde predominan las copas de los árboles de sombra permanente.

Las fincas de café con árboles de sombra tienen una importancia crítica como sitios de escala para aves migratorias que viajan desde lugares tan lejanos como Canadá y Alaska (Rainforest Alliance 2011). El sello de certificación Rainforest Alliance es una garantía de que el café es cultivado en fincas donde los bosques, los ríos, los suelos y la vida silvestre son protegidos; los trabajadores son tratados con respeto, reciben salarios dignos, están equipados apropiadamente y tienen acceso a la educación y a sistemas de salud.

En el Ecuador se promueven los cafés de conservación en las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas como la del parque Nacional Podocarpus (Loja y Zamora) y en las áreas de reserva (Maquipucuna en el noroccidente de Pichincha). Hay una enorme potencialidad de desarrollar los cafés de conservación en las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas del Ecuador.

17.4. CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOCIAL

Un importante segmento de los consumidores de café ha asumido un compromiso con los pueblos y las organizaciones de pequeños productores de contribuir al desarrollo social a través del reconocimiento de un "precio justo" por el producto que adquieren.

El Café de "Comercio Justo" es un café diferenciado por su contribución al desarrollo social y al fortalecimiento de la asociatividad de los pequeños productores.

Café de Comercio Justo

Existen cuatro grandes redes internacionales del Comercio Justo: FLO, IFAT, NEWS y EFTA, definiendo, en consenso, en diciembre del 2001, que *"El Comercio Justo es una relación comercial, basada en el diálogo, la transparencia, y el respeto mutuo, que busca una mayor igualdad en el comercio internacional. Contribuye al desarrollo sostenible proporcionando mejores condiciones comerciales y asegurando sus derechos a los productores y trabajadores marginados, especialmente en los países del Sur"*.

Las Organizaciones de Comercio Justo, respaldadas por los consumidores, están activamente implicadas en apoyar a los productores, sensibilizar a la población, y organizar campañas para cambiar las reglas y prácticas del comercio internacional tradicional" (FAIRTRADE 2011).

Según FAIRTRADE (s.f.), los principios fundamentales del comercio justo son:

- Garantizar a campesinos/as y productores/as un salario justo por su trabajo.
- Los productores deben destinar una parte de sus beneficios a las necesidades básicas de sus comunidades: sanidad, educación, formación laboral, etc.
- Establecer una relación comercial a largo plazo y garantizar una parte del pago de los productos por adelantado; ambas condiciones favorecen que las comunidades puedan planificar su desarrollo.
- Evitar la explotación infantil.
- Promover la participación en la toma de decisiones y el funcionamiento democrático de las organizaciones.
- Promover la igualdad entre mujeres y hombres.
- Promover la protección del ambiente.

Los criterios ambientales del café de Comercio Justo dan énfasis en la planificación, seguimiento y evaluación de los impactos; no uso de agroquímicos; no presencia de residuos de plaguicidas en el producto final; manejo del suelo y agua; no quema y no uso de organismos modificados genéticamente (OGM).

Los cafés de Comercio Justo requieren de un proceso de certificación que garantice a los consumidores un café de calidad y de que se cumplen con los estándares o normativas sociales y/o ambientales en los procesos de producción y transformación. La certificación tiene distintos procedimientos dependiendo del eslabón de la cadena productiva que esté involucrada, de la naturaleza del productor y del mercado al que se destina el producto.

El Ecuador es un maravilloso país megadiverso, situado en la mitad del mundo, donde se producen cafés diferenciados, en distintos territorios, que son el resultado del trabajo abnegado de pueblos nativos y de otros grupos humanos, celosos custodios de tradiciones milenarias (Foto 58).



Foto 58. Un café especial es un producto noble resultado de procesos de cultivo y poscosecha bien hechos.

LITERATURA CONSULTADA

- Café Britt. 2009. ¿Porqué un café es gourmet? (en línea). Consultado 4 abr. 2011. Disponible en <http://www.cafebritt.com/lo-sabias-cafe-gourmet>
- Conservación Internacional. 2007. Café de Conservación (en línea). Bogotá, CO. Consultado 24 jul. 2011. Disponible en <http://www.conservation.org.co/programasdetalle.php?nivel=2&idu=35>
- Duicela, LA; Corral Castillo, R; Rendón Fontaine, M; Kruft, JA. 2004. Cafés Especiales del Ecuador. Guayaquil, EC, COFENAC, Escoffee, Chantal Fontaine, PROMSA. 107 p.
- FAIRTRADE. 2011. Coffee (en línea). FAIRTRADE INTERNATIONAL. Consultado 24 jul. 2011. Disponible en <http://www.fairtrade.net/coffee.0.html>
- FAIRTRADE. s.f. El café: Información interesante (en línea). Fairtrade España. Consultado 24 jul. 2011. Disponible en <http://www.sellocomerciojusto.org/es/productos/cafe/>
- JOCUTLA. 2007. Finca Sustentable Jocutla: ¿Qué es el café de especialidad? (en línea). Veracruz. Consultado 4 abr. 2011. Disponible en <http://www.jocutla.com/paginas/especialidad.htm>
- Muro, E. s.f. Agricultura orgánica (en línea). Consultado 4 abr. 2011. Disponible en <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/AgriOrg.htm>
- Rainforest Alliance. 2011. Café (en línea). Consultado 4 abr. 2011. Disponible en <http://rainforest-alliance.org/es/agriculture/crops/coffee>
- Rice, RA; Drenning, J. 2003. Manual de café bajo sombra. Trad. V Fischersworing. Washington, US, Smithsonian Migratory Bird Center, National Zoological Park. 63 p.
- Saborío Ocampo, G; Delgado Hidalgo, G. s.f. La certificación en la agricultura orgánica (en línea). Costa Rica. Consultado 4 abr. 2011. Disponible en www.cedeco.or.cr/documentos/Certificación.PDF
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2009a. Estándares y protocolos (en línea). US. Consultado 4 abr. 2011. Disponible en <http://www.scaa.org/?page=resources>
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2009b. Standard: Green Coffee Quality (en línea). US. Consultado 24 jul. 2011. Disponible en <http://www.scaa.org/>

18. COSTOS DE PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE CAFÉ

La caficultura sostenible tiene tres dimensiones: Económica, social y ambiental. En lo económico, se espera que el café sea “*comercialmente competitivo*” y pueda participar en el “*comercio internacional*” (Cadena s.f.); en lo social, la caficultura debe contribuir a fortalecer la asociatividad y el desarrollo de los pueblos; y, en lo ambiental debe ayudar a conservación de los recursos naturales.

El Costo de producción en la caficultura se define como la valoración monetaria de las inversiones realizadas en los cafetales y en la poscosecha con la finalidad de obtener una determinada cantidad de producto. 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, independiente del volumen de producción. Los costos variables son aquellos que dependen del área de cultivo y del volumen de operación. El costo total (CT) es la suma de los costos fijos (CF) y los costos variables (CV) (Tobar 1999).

Se introduce el concepto de costo unitario (CU) como la relación del costo total (CT) y el rendimiento de la unidad productiva (Tobar 1999). En el análisis de los costos se desglosa hasta el costo unitario de producto. Los productores deben disponer de información sobre: ¿cuál es el costo de producción de un quintal de café lavado⁴⁰?, ¿cuál es costo de producción de un quintal de café natural?, ¿cuál es el costo de producción de un quintal de café cereza?.

En el análisis económico debe 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 de sombra temporal asociados al cafetal para optimizar el uso del suelo. Hay diferentes maneras de abordar el análisis de costos como: a) el análisis de los costos de producción en un año determinado; y, b) el análisis de los costos en una serie temporal.

18.1. 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, descripción de los materiales, equipos y herramientas; detalle de mano de obra familiar y contratada; detalle de los análisis químicos del suelo, análisis foliares, entre otros. De preferencia, cada egreso debería estar respaldado por la factura o nota de venta.

Por otra parte, 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.

⁴⁰. En el mercado local e internacional se comercializa en quintales o libras. Un quintal estadounidense pesa 45,4 kilos.

En el Cuadro 34, se expone un ejercicio de costos de producción y de análisis económico, en una hectárea de cafetal asociado con plátano. El costo total fue de US\$ 948, la inversión en plátano de US\$40; por lo tanto, el costo de producción de la hectárea de cafetal⁴¹ es de US\$908. A partir de esta información, también se puede calcular el costo unitario del quintal de café cereza⁴², se obtiene relacionando el costo de producción del café y la cantidad del café cereza; así como, el beneficio neto de la gestión anual.

Costo unitario/quintal de café cereza (CU) = $908/90 = \text{US}\$10,09$.

Beneficio neto del sistema (BN=Ingreso total-Costo total):

BN=2.600 – 948 = US\$1.652.

Cuadro 34. Costo anual de producción en un sistema café-plátano⁴³.

COMPONENTE DE LA INVERSIÓN	Egresos (dólares)
1 REGULACION DE SOMBRA	40
2 CONTROL DE MALEZAS	150
3 PODAS	40
4 CONTROL FITOSANITARIO	15
5 FERTILIZACION	100
6 MANTENIMIENTO DEL PLÁTANO	20
7 COSECHA DEL PLÁTANO	20
8 COSECHA Y BENEFICIO DEL CAFÉ	563
COSTO TOTAL (dólares)	948

Análisis económico

Descripción	Unidad	Precio unitario Dólares	Cantidad	Valores totales (Dólares)
Ingresos por café	Quintal café cereza	28	90	2.520
Ingresos por plátano	Racimo	2	40	80
Total Ingresos	Hectárea			2.600
Costos del cafetal	Hectárea			908
Costos del plátano	Hectárea			40
Total Costos	Hectárea			948
Costo por unidad	Quintal café cereza			10,09
Beneficio Neto				1.652

⁴¹. Se evalúan las inversiones de una hectárea de cafetal con plátano; así como, los ingresos generados por los dos rubros, en un enfoque de sistema de producción.

⁴². El productor comercializa en café cereza.

⁴³. Finca del señor Vidal Reyes, Cantón 24 de Mayo, provincia de Manabí. Ejercicio económico 2011.

18.2. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN EN UN TIEMPO DETERMINADO

El costo de producción de una hectárea de cafetal puede analizarse en un período de tiempo⁴⁵ con fines de planificación de las inversiones y análisis financiero.

El análisis de los costos y beneficios económicos de una inversión productiva, debe basarse en información confiable de entidades oficiales y en los registros de los precios de insumos, maquinaria, herramientas y otros.

Los coeficientes técnicos para el cultivo de café 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 en los precios de los insumos, el valor del jornal y la productividad del trabajo. Esto significa que los costos dependen de las circunstancias locales (González y Mayorga 2006).

En el Cuadro 35, se expone el detalle de las inversiones requeridas para el establecimiento y manejo de una hectárea de cafetal en sistema agroforestal, durante 10 años sucesivos, en el cantón Las Lajas, provincia de El Oro (Costo de producción). El costo de establecimiento de una hectárea de cafetal, es decir las inversiones requeridas para el primer año es de US\$3.049.

El flujo de las inversiones en una hectárea de cafetal, se indica en el Cuadro 36. El costo acumulado del establecimiento y manejo del sistema de producción en 10 años es de US \$24.683, de los cuales US \$23.673 corresponde a las inversiones en café y US \$1.010 a las inversiones en plátano, que es el cultivo asociado.

La producción acumulada de café, en este período es de 240 quintales de café lavado, que a un precio promedio de US \$150,00, equivale a un ingreso de US \$36.000,00. En estas circunstancias, el costo de producción de un quintal de café lavado (US \$23.673/240 quintales) es igual a US \$98,6/quintal.

En el análisis económico se relaciona los costos e ingresos del sistema, incluido, además del café, la producción de 500 racimos de plátano, que a un precio de US \$3,00 equivale a un ingreso de US \$1.500; incrementándose el ingreso total del sistema productivo a un valor de US \$37.500 y consecuentemente el beneficio neto total a un valor de US \$12.817 (Cuadro 37).

Cabe destacar que en el primer año, la mano de obra representa el 45% de la inversión⁴⁶; en el año 2, el 63% y a partir del año 3, cuando hay cosechas, el costo de la mano de obra representa el 73% del costo de producción. En la Foto 59, se indican algunas acciones relacionadas con el análisis de costos de producción a nivel de pequeños productores de café.

⁴⁵ Una serie temporal se refiere a un período de años. En cultivos perennes, frecuentemente se analiza 10 o más años.

⁴⁶ La plántula de café está valorada en 25 centavos de dólar. El agricultor también puede criarlas en el vivero, reduciendo los costos.



Foto 59. Análisis de costos y beneficios de la actividad cafetalera.

LITERATURA CONSULTADA

- Cadena Gómez, G. s.f. La sostenibilidad de la caficultura colombiana. Consultado 23 mar. 2012. Disponible en: www.federaciondecafeteros.org
- González Picado, R; Mayorga Marengo, R. 2006. Propuesta para una estrategia de fincas integradas como una alternativa de vida, real y viable para el productor en la región de influencia del proyecto COBODES. Biosinergia alternativa. Consultado 24 jul. 2011. Disponible en <http://www.acto.go.cr/descargas/Propuesta%20para%20una%20estrategia%20de%20fincas%20integradas.pdf>
- Tobar, JM. 1999. Análisis económico y financiero a nivel de finca. Proyecto "Agricultura sostenible en zonas de ladera". Consultado 24 jul. 2011. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/desarrollo/educacion/pdf/org/NotaTecnica.pdf>



BIOGRAFÍAS

Gustavo Adolfo ENRÍQUEZ Calderón

Realizó sus estudios superiores en la Universidad Central del Ecuador en Quito, donde fue premiado como "uno de los Mejores Egresados de la Universidad" y obtuvo el Título de Ingeniero Agrónomo en 1963. Ese mismo año ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), Turrialba, para realizar estudios de postgrado en genética del cacao, allí se graduó en 1966 con el Título de Magister Scientiae. En 1971 ingresó en la Universidad de Cornell, Nueva York, en los Estados Unidos de Norte América, donde obtuvo el título de Doctor en Filosofía (Ph. D.) en Mejoramiento de cultivos, en 1975. Desde que egresó de la Universidad Central, ocupó varios cargos en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. Entre los puestos más importantes son los de Jefe del Programa de Cacao y Café y Director de la Estación, posición que dejó para sus estudios de doctorado. De 1975 a 1977 ocupó el cargo de Jefe Nacional del Programa de Leguminosas, con base en la Estación Experimental de Santa Catalina. Desde 1977 hasta 1989 fue llamado a colaborar con el Programa de Cultivos del Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza (CATIE) donde desempeñó varias funciones, como Jefe del Programa de Cacao y Jefe del Programa de Cultivos Perennes. A fines del año 1989, en FUNDAGRO ocupó el cargo de Especialista en Cacao y luego de Director de Investigaciones, hasta 1993. En 1994-1995 fungió como Director de Investigaciones de INIAP-Ecuador. Desde Mayo de 1995 trabajó como Representante del IICA en Costa Rica. También trabajó como técnico Especialista en el Área II en la Sede Central, San José, Costa Rica, desde septiembre de 1998 hasta diciembre de 1999. Se desempeñó como Catedrático de las Universidades de Manabí, Guayaquil, Escuela Politécnica Superior del Chimborazo y la Universidad San Francisco de Quito, en Ecuador. En la Universidad de Costa Rica asociado al Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza CATIE; y en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, en Honduras. En su carrera ha dirigido 19 tesis de estudiantes para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, 19 como Profesor Principal, 16 como asesor secundario para el de Magister Scientiae y 2 para el Doctorado (Ph. D.) Ha participado en 58 reuniones científicas en las que ha presentado 45 trabajos. Desde 1979 ha participado en 44 actividades de Consultoría, en cultivos de la zona húmeda de los trópicos. Ha escrito 19 folletos y libros, ha presentado 55 artículos en revistas con comité editor. Tiene 91 publicaciones en diferentes revistas especializadas en cacao, 50 publicaciones en otros cultivos y diversos temas, 8 boletines divulgativos, 3 bibliografías y 3 revisiones de literatura. Su último libro "Cacao Orgánico" se publicó en Abril del 2004; y, a fines del 2010, se publicó la segunda edición. En 1981 recibió el Premio a "La Mejor Contribución en el Campo de la Horticultura" por el artículo científico "Factores genéticos y biológicos que afectan a la producción y manejo del cultivo de vegetales" otorgado por la "American Society for Horticultural Science", basado en su Tesis Doctoral. En Mayo del 2004, se le otorgó la Medalla Al mérito Agrícola, por el Colegio Nacional de Ingenieros Agrónomos. Se desempeñó como Director General del INIAP en Ecuador, como respuesta a una invitación oficial que le hiciera el Gobierno Nacional en mayo del 2000 hasta julio del 2004. Ha trabajado en diferentes Asesorías tanto privadas como gubernamentales, en temas de sanidad, calidad y producción agrícola.



Luis Alberto DUICELA Guambi

Realizó sus estudios en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en Riobamba. Obtuvo el "Mejor Promedio de Calificaciones" de la promoción, egresando de la ESPOCH en 1981. En ese año realizó un curso de Fitotécnica en la Universidad de Guadalajara, en México. Se graduó de Ingeniero Agrónomo, en abril de 1982. Entre agosto de 1983 y enero de 1986 fue Técnico del Programa Nacional de Sanidad Vegetal, cumpliendo las funciones de Inspector de Sanidad Vegetal y Extensionista del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en la provincia de El Oro. En enero de 1986 se incorpora al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) como Investigador del Programa de Café, con sede en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP). Entre 1990 y 1992 realizó sus estudios de Posgrado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), en México, obteniendo el Título de Magister Scientiae, especialidad Ciencias Agrícolas. En la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad SEK, en Quito, obtuvo un Diploma en Alta Gerencia. En la Escuela Politécnica Nacional (EPN) obtuvo un Certificado en Elaboración y Gestión de Proyectos. En septiembre de 1998, se incorpora como Jefe de la División Técnica del Consejo Cafetalero Nacional del Ecuador (COFENAC) hasta noviembre 8 del 2013. A partir de esta fecha es Jefe de la Unidad de Innovación Tecnológica. Fue Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), entre 1994 y 1998; Docente invitado de la Universidad Estatal de Quevedo (UTEQ) dictando la cátedra de Investigación del Ambiente en el Programa de Maestría "Ambiente y Desarrollo", entre el 2008 y 2011; Docente de la Universidad Nacional de Loja (UNL), en el Programa de Maestría en "Agroforestería", dictando las cátedras de "Producción Ecológica y Certificación Orgánica" y "Obtención y Multiplicación de Germoplasma de Sistemas Agroforestales"; Docente de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) a cargo de la cátedra "Economía Social-Ecológica y Desarrollo Rural", en el Programa de Maestría en Agroecología. Ha sido Consultor en Investigación Participativa de la Universidad de Wageningen (Holanda); en el Diseño de Fondos Competitivos del Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC); en Desarrollo Rural del IICA-MAGAP y en Agricultura Orgánica de la CORPEI. Ha sido Consultor-Capacitador de la Asociación de Graduados en el Zamorano (AGEAPLE) y de la empresa AGRIPAC en Experimentación Agrícola. Ha dirigido varias Tesis de Grado para optar por el título de Magister Scientiae en "Ambiente y Desarrollo" de maestrantes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Ha publicado 46 Documentos Técnicos y divulgativos sobre Caficultura y otros temas agropecuarios.

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

alegría que nos permita compartir la tierra.

Gabriel García Márquez (1927 -) Escritor colombiano

