

**ESTACION EXPERIMENTAL  
TROPICAL PICHILINGUE**



***Control Integrado  
de las principales  
Enfermedades Foliares  
del Cafeto en el Ecuador***



**Ing. Ignacio Sotomayor Herrera  
Ing. Luis Duicela Guambi**



**Cooperación Técnica  
República Federal de Alemania**

**PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ  
QUEVEDO – ECUADOR  
1995**

**INIAP - Estación Experimental Pichilingue**



ESTACION EXPERIMENTAL  
TROPICAL PICHILINGUE



Cooperación Técnica  
República Federal de Alemania

---

# **Control Integrado de las principales Enfermedades Foliares del Cafeto en el Ecuador**

---

Ing. Ignacio Sotomayor Herrera  
Ing. Luis Duicela Guambi

PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFE  
QUEVEDO - ECUADOR  
1995

**Control Integrado  
de las principales enfermedades foliares  
del cafeto en el Ecuador.**

**Ing. Ignacio Sotomayor Herrera**

**Ing. Luis Duicela Guambi**

---

Diagramación: Rodrigo Carvajal

Diseño de Portada: Margarita Silva

Edición: 1.000 ejemplares

Impresión: Artes Gráficas "SILVA" 551-236 / 236-103

Quito, junio de 1995.

# **AGRADECIMIENTO**

Los autores dejamos constancia de nuestro agradecimiento a la Misión Técnica Alemana (GTZ); a la Subdirección de Validación, Transferencia de Tecnología y Capacitación (SDVTT/C) y al Núcleo de Apoyo Técnico y Capacitación del Trópico Húmedo (NAT/C-TH), por el financiamiento de la presente publicación.

De manera especial expresamos nuestro agradecimiento al Doctor Ferdinand Fliege, Asesor y Jefe del Proyecto Café (GTZ) por su invaluable contribución en la investigación fitopatológica, durante 10 años consecutivos (1984-1994).

De igual manera agradecemos a los investigadores del Programa de Café, Ingenieros Hugo Loaiza, Hugo Molina, Rigoberto Román y Diana Barba; quienes contribuyeron al desarrollo de las diversas investigaciones. Al agrónomo Grisnel Quijano, asistente de campo; y a la Sra. Maritza Rendón, por su trabajo de mecanografía.

**1.**

# **INTRODUCCION**

La producción de café, como de cualquier otro cultivo vegetal, está determinada por la acción e interacción de los factores: genético, ecológico y manejo agronómico.

El factor genético, se refiere a las características cuantitativas o cualitativas de la especie o variedad a emplearse para la siembra. Comprende el conjunto de características de la variedad, unas deseables y otras indeseables. La variedad Caturra amarillo; por ejemplo, tiene algunos atributos genéticos como: alto rendimiento, porte bajo, frutos de color amarillo, cerezas de fácil desprendimiento en su estado de madurez, cierta resistencia a la sequía y susceptibilidad a la roya.

El factor ecológico, comprende los componentes biótico y abiótico, que en conjunto determinan la naturaleza de un ecosistema. La fauna y flora macroscópica y microscópica, benéfica y perjudicial, en estrecha interrelación con los elementos del componente abiótico (suelo, clima y fisiografía); determinan las características del agroecosistema o factor ecológico.

El factor manejo agronómico, lo constituyen las alternativas tecnológicas disponibles para superar los problemas y limitaciones que impiden la plena manifestación del potencial productivo de las plantas cultivadas, en un ambiente determinado. Las alternativas tecnológicas aplicadas en un cafetal, interactúan con los factores genético y ecológico. Con ellas se trata de proporcionar las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas cultivadas, corrigiendo oportunamente los problemas y limitaciones de naturaleza biológica (plagas, enfermedades y malezas) o abiótica (exceso o falta de elementos minerales, lluvias o luz solar), que impidan la obtención de elevados rendimientos.

El género **Coffea** es atacado por más de cien hongos parásitos, algunos de los cuales no causan daños de importancia, mientras que otros son muy perjudiciales (Becker-Raterink,

Moraes y Quijano-Rico, 1991). En el Ecuador, los problemas fitosanitarios causados por hongos patógenos se han constituido en serias limitantes de la producción cafetalera ecuatoriana siendo agentes causales de importantes enfermedades tales como: Mal de hilachas (**Corticium Koleroga** Cook.), Roya anaranjada (**Hemileia** Curt.), Mancha de hierro (**Cercospora coffeicola** Berk. & Cook.), Mal de machete (**Ceratocystis fimbriata** Hunt.) y Virela del café (**Colletotrichum Gloeosporioides** Sacc.) (Sotomayor, 1993). (Fotos 1-6).

Las pérdidas que ocasionan estas enfermedades son muy cuantiosas, especialmente la Roya, Mal de hilachas, Ojo de gallo y Mancha de hierro, que provocan severas defoliaciones en los cafetos y por consiguiente, una reducción considerable de su capacidad fotosintética.

Estas consideraciones motivaron a que el Programa de investigación en Café del INIAP, realice estudios sobre diferentes métodos de control de las enfermedades foliares mencionadas y sobre el comportamiento fenológico del café, procurando tener una mejor comprensión del complejo: planta-patógeno-ambiente-hombre.



FOTO 1. Rama de café afectada por Mal de hilachas

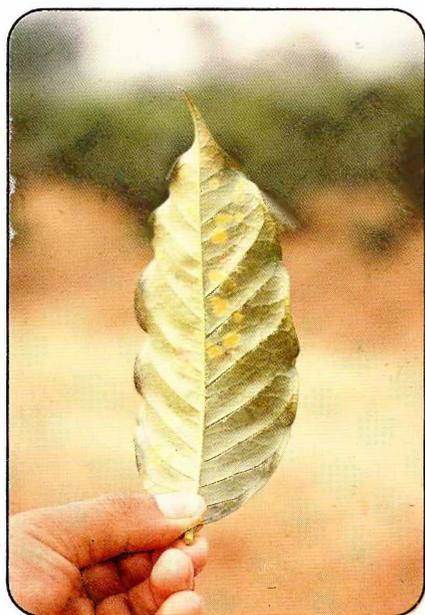


FOTO 2. Hoja de café con síntomas de Roya.



FOTO 3. Hoja de café con síntomas de Ojo de gallo.

**2.**

# **EL CAFETAL COMO ECOSISTEMA**

## A. EL ECOSISTEMA CAFETALERO

En el transcurso de los primeros miles o quizá cientos de miles de años, el hombre provocó muy poco o ningún efecto sobre el ambiente físico o biológico de la tierra. La supervivencia humana fue precaria y el crecimiento de la especie fue lento hasta el descubrimiento de la agricultura y la domesticación de los animales, que tuvo lugar hace unos 9 000 o 10 000 años [Borlaug, 1974]. Sin duda, el deterioro del ambiente empezó desde que el hombre descubrió el fuego e inventó las herramientas rústicas para la cacería y labranza; y el problema se agudizó con la revolución industrial.

El acelerado crecimiento de la población humana en el último siglo, motivó grandes descubrimientos científicos para producir en grandes cantidades los alimentos y bienes que el hombre requiere para su supervivencia y en este proceso se ha venido destruyendo la naturaleza, agotando los recursos naturales y contaminando el ambiente.

Las especies sobrevivieron o perecieron, según su capacidad o incapacidad genética para responder al mandato biológico «evolucionar y adaptarse, o perecer» impuesto y ejecutado por la incesante presión de selección de los ambientes siempre cambiantes [Borlaug, 1974]. Es conocida la extinción de muchas especies vegetales y animales; pero en la actualidad, el envenenamiento de las fuentes de agua y de los alimentos con elevados niveles de residuos de pesticidas, la erosión de los suelos, el calentamiento de la tierra, la destrucción de la capa de ozono, entre otros síntomas de deterioro ecológico, muestran el riesgo que corre la propia supervivencia de la humanidad.

Las tecnologías que se emplean en la producción agropecuaria, en general; y en la producción de café, en

particular; especialmente relacionadas con el uso de pesticidas para controlar las enfermedades foliares; por el afán justificado de proteger las cosechas, han contribuido a agravar la situación de deterioro ambiental. Esto ha ocurrido porque no ha habido una adecuada valoración del impacto ecológico de las tecnologías.

En un ecosistema se produce un flujo de energía del medio físico hacia los seres vivos, fundamentalmente a través de la fotosíntesis. En un agroecosistema cafetalero, interactúan un conjunto de poblaciones vegetales y animales, en forma continua y dinámica, donde el café ocupa el centro de interés, con un potencial de productividad, que podrá expresarse en toda su magnitud, solo cuando todos los factores se encuentren en su nivel óptimo. Esta situación no se presenta en la realidad porque, desde dentro o desde fuera del ecosistema, actúan sobre el café varios factores limitantes, de distinta naturaleza, que impiden la plena expresión del potencial productivo.

En un café ocurren en forma dinámica y permanente una serie de interacciones entre factores biológicos y no biológicos (suelo y clima). El concebir los fenómenos y sus interacciones en forma global y tomar las decisiones para preservar la cosecha, se constituye en el fundamento del control integrado de las enfermedades. En muchos casos existe un ambiente inadecuado para el café, pero favorable para el ataque de las enfermedades; aunque muchas veces, las condiciones favorables para la planta lo pueden ser también para los patógenos.

Un café con sombra excesiva provocada por especies como guabo (*Inga* sp.) y plátano (*Musa paradisiaca*), elevada humedad relativa, falta de aireación, abundante follaje tierno, alta población de malezas y deficientemente podado, crea las condiciones microclimáticas predisponentes para el desarrollo de varias enfermedades, entre ellas: Roya, Mal de hilachas, Ojo de gallo y Viruela. Por otra parte, una excesiva luminosidad (cafeta-

les a plena exposición solar o con poca sombra) y deficiencias de nitrógeno asimilable en el suelo, crea una condición favorable para el ataque de la Mancha de hierro.

La sombra dentro del cafetal también está determinada por la densidad poblacional (número de plantas por hectárea) y el manejo agronómico que se le aplique. Por ejemplo, las podas de formación, producción y sanitarias deberán efectuarse en la época seca de cada año y con herramientas bien desinfectadas, cubriendo todas las heridas con pastas protectoras preparadas a base de fungicidas o de alquitrán vegetal. De no procederse así, se corre el riesgo de que los ataques de Mal de machete u otras enfermedades que provocan pudriciones de las raíces o tallos sean severos. La ejecución de podas y de otras labores culturales, incluyendo la misma cosecha, se favorecen con la siembra de variedades de porte bajo, de amplia adaptabilidad, elevado rendimiento y con cierto grado de resistencia a las principales enfermedades.

Para el control de la Roya, Mal de hilachas, Ojo de gallo y Viruela se ha recomendado la aplicación de fungicidas cúpricos como Oxiclورو de cobre, Oxido cuproso e Hidróxido de cobre. Estos productos químicos tienen un efecto protector; es decir, deben ser aplicados antes de que asciendan las curvas de incidencia de las enfermedades mencionadas, impidiendo que el inóculo residual de los hongos, contamine el follaje tierno (Foto 7). De allí surge la necesidad de conocer el comportamiento fenológico de los cafetos y sus relaciones con los factores climáticos, así como, la de conocer dosis, épocas, frecuencias y formas de aplicación más apropiadas de los fungicidas, en términos económicos y ecológicos.

Cabe mencionar que se atribuye a los fungicidas cúpricos un efecto tónico en los cafetos y una mayor retención foliar que se manifiesta por un mayor volumen de hojas y mayor productividad en la cosecha siguiente [Becker-Raterink, Moraes y Quijano

Rico, 1991]. Pero luego del uso intensivo de estos agroquímicos para controlar la Roya, se ha constatado un aumento de las poblaciones de Minador (**Perileucoptera coffeella**) en las zonas de producción de café arábigo y durante ciertos meses secos del año, Agosto-Octubre [Anchundia, 1994], especialmente si el cafetal está expuesto a una luminosidad intensa (Foto 8).

El Minador de las hojas tiene en el Ecuador varios reguladores naturales, parasitoides y predadores. Las especies de parasitoides encontradas son las siguientes: **Viridipyge letifer**, **Mirax** sp., **Cirrospilus** sp., **Zagrammosoma** sp., **Pnigalio** sp., **Tetrastichus** sp., **Horismenus cupreus**, **Catolaccus** sp. y **Trisopsis** sp.; y entre las especies de predadores se mencionan: **Polistes** sp., **Polybia** sp. y **Chrysopa** sp. [Anchundia, 1994].

Además, se han detectado dos hiperparásitos asociados a la Roya cuyo papel en la reducción de la severidad de la enfermedad no está muy estudiado y son los hongos **Verticillium hemileiae** Bour. y **Cladosporium hemileiae** Stey. [Rodríguez, 1977], que podrían ser afectados con las aplicaciones de fungicidas cúpricos (Foto 9). Las aplicaciones de fungicidas cúpricos han mostrado una inhibición en el desarrollo de los hongos como **Spicaria** sp. y **Metarrhizium** sp., que son controladores naturales de las larvas de **Phyllophaga** spp. una plaga que ataca las raíces de los cafetos [González, 1986]. También puede reducir la incidencia de los hongos entomopatógenos de la broca del fruto como **Beauveria bassiana**. Por otra parte; al emplear insecticidas (p.e. endosulfan o clorpirifos) para controlar los insectos plagas (Broca, Taladrador o Minador), se estaría afectando también las poblaciones insectílicas que actúan como controladores naturales en el ecosistema cafetalero.

En la Figura 1, se expone un esquema del ecosistema cafetalero; donde se puede apreciar la estrecha interdependencia e interrelación entre los componentes bióticos y abióticos.

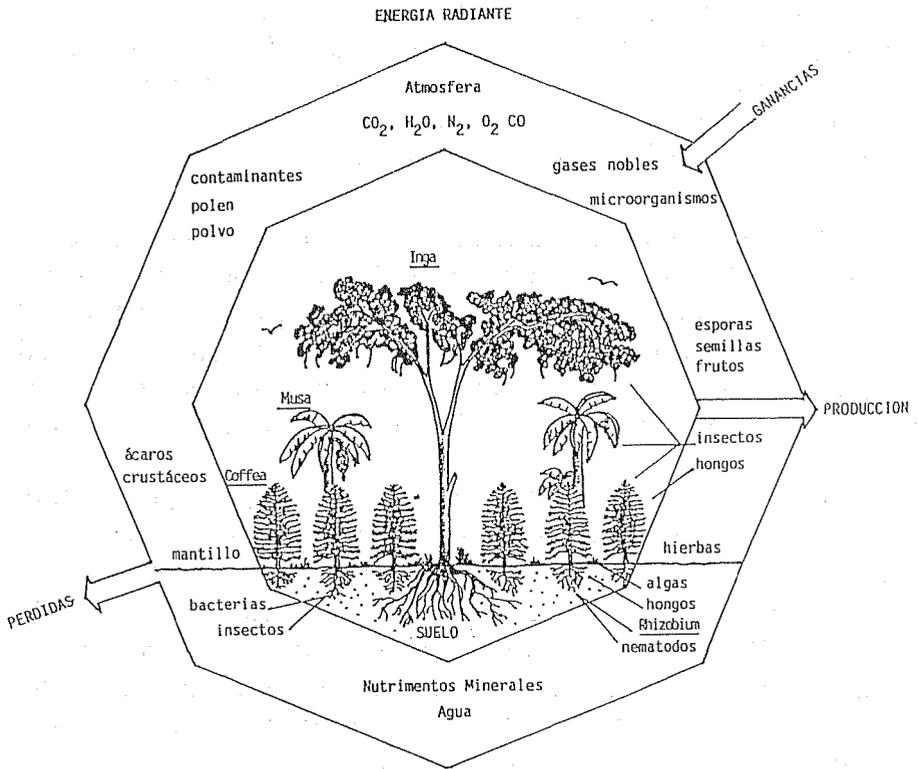


FIGURA 1. ESQUEMA DE UN ECOSISTEMA CAFETALERO

## B. AMBIENTE Y LÍMITES DE TOLERANCIA

Todos los seres vivos, útiles o no al hombre, tienen un rango de tolerancia con respecto a los componentes de su ambiente. Entre los límites máximo y mínimo hay una franja óptima para cada factor o elemento del ecosistema. Para las plantas cultivadas, tanto los excesos como los faltantes se tornan en factores limitantes. Por ejemplo, en café, un suelo con exceso de humedad puede ser tanto o más limitante para el crecimiento del café que uno con un nivel inferior a la capacidad de campo [Fournier, 1980].

Otra reacción de la planta puede ser de tipo compensatorio; por ejemplo, la alta temperatura, elevada luminosidad y los períodos secos reducen el crecimiento de las ramas en favor del sistema raíz-tallo [Maestri y Santos, 1981]. Por esta razón, es importante que las variedades de café recomendadas para una zona tengan adecuados rangos de tolerancia para ese ambiente.

Algunos límites de tolerancia de los cafetos que se han logrado definir para los elementos climáticos son: temperatura, entre 18 y 21 grados centígrados [Fournier, 1980]; precipitación, entre 1 200 y 1 800 milímetros bien distribuidos con un período seco ideal de tres meses; humedad relativa del 75 al 95 por ciento. Si la humedad es muy alta permanentemente, los problemas fitosanitarios pueden ser los limitantes más fuertes para conseguir un alto rendimiento, como sucede en las estribaciones de la cordillera [Enríquez, 1993].

En cuanto al suelo, las texturas adecuadas para un óptimo crecimiento y desarrollo de los cafetos corresponden al rango entre franco arcilloso y franco limoso con un potencial de hidrógeno (pH) de 6.0 a 6.5 [Arévalo, 1976].

Los ámbitos de tolerancia para los seres vivos, según Odum y Odum; citados por Fournier (1980) están regidos por los siguientes principios:

1. Los organismos pueden tener un ámbito de tolerancia amplio para un factor y estrecho para otro.
2. Los organismos con ámbitos amplios de tolerancia para todos los factores de su ambiente, muestran por lo general una mayor distribución.
3. Cuando las condiciones no son óptimas para una especie, con respecto a un factor ecológico, los límites de tolerancia se pueden reducir con respecto a los otros factores.
4. El límite de tolerancia y el ámbito óptimo para un factor físico (luz, humedad, nutrientes) a menudo varía geográfica y estacionalmente dentro de una misma especie; es decir, los organismos se ajustan a las condiciones locales.
5. A veces se puede determinar experimentalmente que los organismos en su forma natural no ocupan su ámbito con respecto a un factor físico. En tales casos, es muy probable que otros factores sean más importantes.
6. En el período de reproducción los factores ambientales se tornan más críticos.

### C. POTENCIAL PRODUCTIVO

El crecimiento normal de una planta de café está determinado por la interacción de todos los elementos que constituyen su agroecosistema; sin embargo, este crecimiento está supeditado a aquellos que se encuentren en menor cantidad o en exceso.

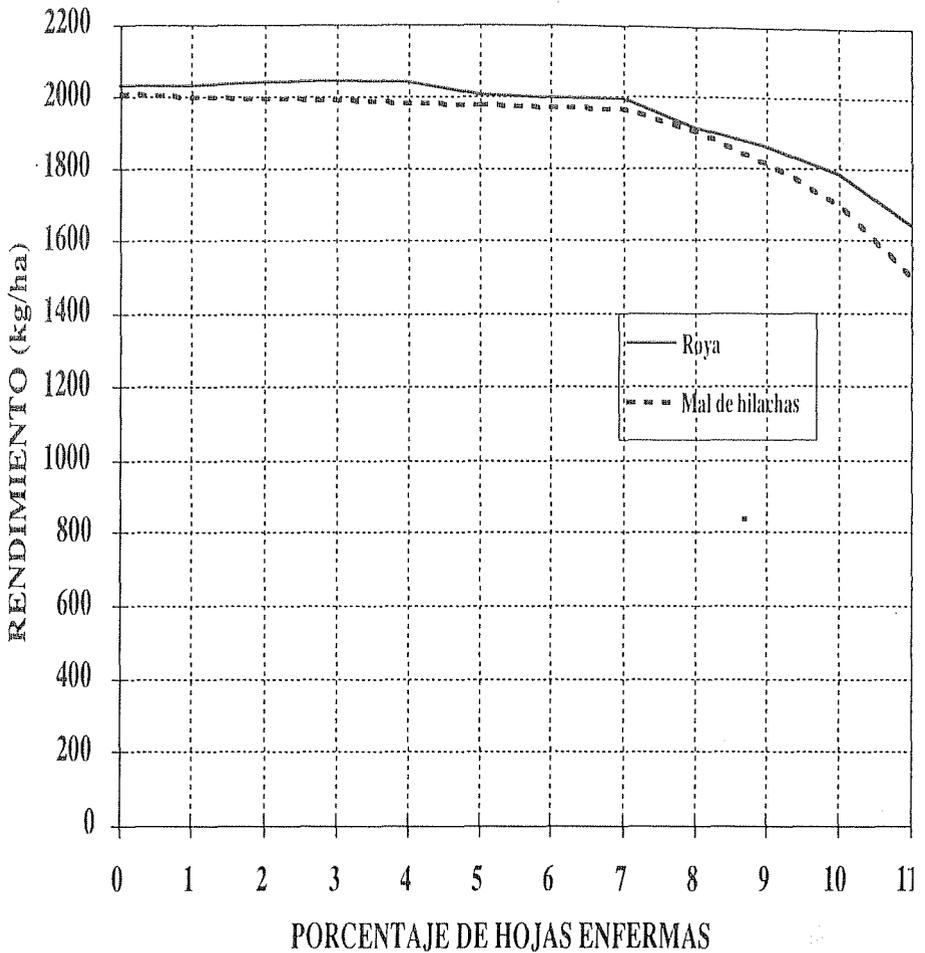
Una especie como *C. arabica* L. está dotada de un potencial genético que se manifiesta por la adaptabilidad al ambiente de sus variedades [Fournier, 1980].

La productividad biológica potencial de los ecosistemas depende del flujo incidente de la energía radiante del sol y de la forma en que ésta es transportada y transformada en energía química. Este aspecto, unido a otros factores, determinan el límite superior de la producción (o rendimiento potencial) en condiciones óptimas de agua y nutrientes [Acosta, 1977].

Los cafetales con o sin sombra regulada y a plena exposición solar constituyen los agroecosistemas cafetaleros ecuatorianos. El manejo de los cafetales bajo sombra regulada, es el sistema de cultivo más apropiado para las condiciones ecológicas y sociológicas del país. Mediante esta forma de hacer caficultura no se provocan deterioros agresivos del ambiente y se logra obtener rendimientos en niveles económicamente satisfactorios.

Un cafetal de la variedad Caturra rojo, en Pichilingue, Los Ríos, después de tres años de evaluación, mostró un rendimiento potencial de aproximadamente 2 000 Kilos por hectárea.

Debido a la acción de las enfermedades Roya y Mal de hilachas, a partir de un límite de tolerancia que se sitúa entre el 5 y 8% de hojas enfermas. El potencial productivo tiende a reducirse a medida que aumenta sus niveles de incidencia, como se puede observar en la Figura 2.



**Figura 2.** Efecto de la incidencia de Roya y Mal de hilachas sobre el rendimiento de un cafetal de la variedad Caturra rojo. Pichilingue, Los Ríos. 1994.

**3.**

**VARIEDADES DE  
CAFE RESISTENTES  
A LAS  
ENFERMEDADES**

## A. FUENTES DE RESISTENCIA A ALGUNOS PROBLEMAS SANITARIOS

En el Ecuador, se cultivan dos especies comerciales de café: ***Coffea canephora*** Pierre (café robusta) y ***Coffea arabica*** L. (café arábigo). En conjunto, cubren unas 450 000 hectáreas, equivalente a un 19 por ciento de la superficie agrícola, en 18 de las 21 provincias del país.

Los cafetos del tipo robusta tienen como características un alto grado de resistencia a la Roya (***H. vastatrix***), a las necrosis foliares (***Colletotrichum coffeanum***) y a los nematodos [Eskes, 1989]. En el Ecuador se ha encontrado además un ecotipo denominado «Pepón», resistente a la Viruela del café. La especie ***C. arabica***, tiene una amplia gama de variedades con buena calidad organoléptica, y algunas selecciones originadas en la India, Etiopía y Sudán como Kent, Geisha, Cioiccie, Kaffa, Wush-Wush, Dilla & Alghe, Irgalem y Sudán Rume, han sido consideradas fuentes de resistencia a ***H. vastatrix***. La especie ***C. congensis*** tiene la característica de buena adaptación a zonas muy húmedas e inundables así como un alto grado de resistencia a ***H. vastatrix*** [Eskes, 1989].

Entre los híbridos interespecíficos de mayor importancia se encuentra el Híbrido de Timor, resultado de un cruce natural entre ***C. arabica*** x ***C. canephora***, descubierto en 1917 y del cual se han derivado una gran cantidad de materiales genéticos con resistencia a la Roya, a las necrosis foliares (CBD) y a los nemátodos [Eskes, 1989].

El mejoramiento genético del café a nivel mundial, ha contribuido de manera significativa al desarrollo de la caficultura. Se han desarrollado cultivares de alta capacidad productiva, porte bajo, reducido índice de frutos vanos, amplia adaptabilidad, precocidad y resistencia a las enfermedades.

## B. CULTIVARES PROMISORIOS EN EL ECUADOR

Al Ecuador, se han introducido desde Brasil, Portugal, Colombia, Venezuela y Costa Rica, muchos materiales de diversa constitución genética, especialmente derivados del híbrido de Timor. Se han obtenido algunas selecciones de los híbridos Catimor (**Caturra** x **H. de Timor**), Sarchimor (**Villa Sarchi** x **H. de Timor**) y Cavimor (**Catuaí** x **Catimor**) [INIAP, 1994].

Además, en el INIAP, se han seleccionado cultivares arábigos con caracteres de interés como Catuaí rojo, Catuaí amarillo, Pacas, Caturra rojo y Caturra amarillo. Las principales características de estos materiales son: porte bajo-mediano, amplia adaptabilidad, rusticidad, precocidad, buena calidad organoléptica, maduración estacionaria de los frutos, adecuada arquitectura, alta producción de frutos por planta y reducido índice de frutos vanos [INIAP, 1994].

Las selecciones de Catimor, Sarchimor y Cavimor no han mostrado síntomas de Roya a nivel de campo; pero, al igual que los cultivares seleccionados de Catuaí, Caturra y Pacas, muestran síntomas de otras enfermedades foliares como Mal de hilachas, Ojo de gallo y Mancha de hierro.

La alternativa más apropiada para contrarrestar los daños que ocasionan las enfermedades es el uso de cultivares resistentes con elevado potencial productivo. En el país se han seleccionado materiales resistentes a la Roya, pero frente a los otros patógenos que afectan a las hojas del café, muestran una reacción similar; aunque se ha registrado una apreciable variabilidad en la incidencia de Mal de hilachas, la principal enfermedad del café en el Ecuador. Esta variabilidad podría ser aprovechable, si resultara de naturaleza genética, orientándose el mejoramiento genético hacia la búsqueda de cultivares tolerantes a esta enfermedad foliar.

En el Cuadro 1, se exponen los cultivares promisorios, manejados bajo el sistema de sombra regulada, que se encuentran en la fase de validación en las diversas zonas cafetaleras del país.

**Cuadro 1.** Promedios de producción, índice de grano vano y reacción frente a la Roya de nueve cultivares de café obtenidos bajo el sistema de sombra regulada en la zona de Quevedo. 1994.

<b>Cultivar EETP-INIAP</b>	<b>Rendimiento T.M./ha</b>	<b>Grano vano %</b>	<b>Reacción frente a la Roya</b>
Caturra rojo	1.26	3.8	susceptible
Caturra amarillo	1.24	3.5	susceptible
Catuaí rojo	1.31	3.5	susceptible
Catuaí amarillo	1.30	3.5	susceptible
Pacas	1.26	6.1	susceptible
Sarchimor IAC	1.40	3.7	resistente
Catimor CATIE	1.35	5.4	resistente
Catimor CIFC	1.43	3.2	resistente
Cavimor CIFC	1.28	6.0	resistente

**4.**

**INTERACCION  
PLANTA-PATÓGENO-  
AMBIENTE-HOMBRE**

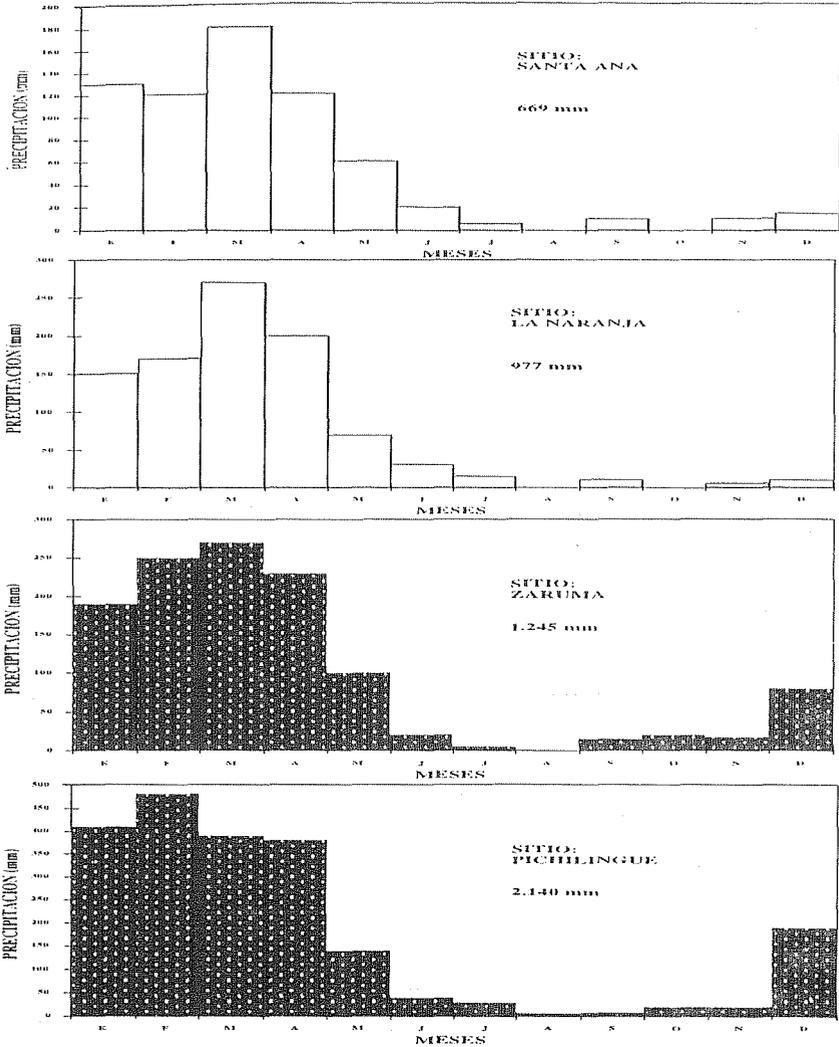
Una enfermedad se define como toda alteración morfo-fisiológica de un organismo vivo; es la expresión de la dinámica interacción entre planta-patógeno-ambiente-hombre. Las enfermedades pueden ser endémicas, si ocurren con baja intensidad en una determinada región, afectando pocos individuos; o epidémicas, si se manifiestan con gran intensidad, afectando un gran número de individuos o toda una población.

En el Ecuador se ha determinado el comportamiento biológico de las enfermedades foliares Roya, Mal de hilachas, Ojo de gallo y Mancha de hierro; asociando sus grados de incidencia, a través del tiempo, con los principales factores climáticos y el comportamiento fenológico de los cafetos.

Además, se han definido las labores que debe efectuar el hombre en el cafetal, a fin de proporcionar las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas cultivadas y alterar las condiciones predisponentes para el desarrollo de los patógenos.

Las lluvias, su cantidad y distribución, parece ser el elemento climático que más estrechamente está asociado al potencial productivo y a la incidencia de las enfermedades; siendo además el de difícil corrección por parte del hombre, debido a la falta de agua en muchas zonas cafetaleras y a la ubicación de los cultivos en terrenos con pendientes pronunciadas y topografía irregular.

En la Figura 3, se pueden apreciar los regímenes de precipitación de cuatro zonas cafetaleras: Jipijapa-Manabí (sitio La Naranja), Santa Ana-Manabí, Zaruma-El Oro y Pichilingue-Los Ríos. Cabe resaltar que entre los sitios mencionados hay una notable similitud en la distribución de las lluvias, aún cuando las cantidades acumuladas por año sean muy diferentes.



**Figura 3.** Regímenes de precipitación en cuatro zonas cafetaleras ecuatorianas.

FUENTE: Balance hídrico de localidades ecuatorianas. Período 1947 - 1970 . INAMHI.

## A. FENOLOGIA DEL CAFETO

### 1. FORMACION DE HOJAS NUEVAS

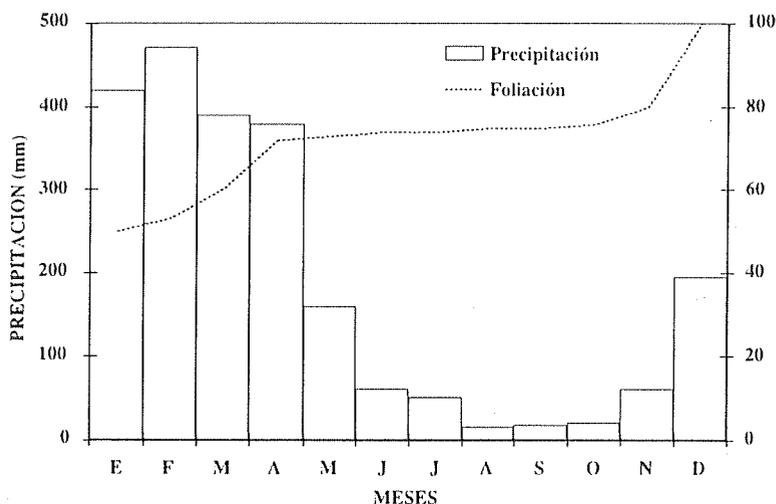
La formación de hojas nuevas o foliación de los cafetos, depende de las lluvias que se produzcan en una zona determinada. La época lluviosa, en la mayoría de las zonas productoras de café de tipo arábigo, empieza alrededor de la primera semana de Diciembre y tiene una duración de 17 a 25 semanas consecutivas. En las ocho primeras semanas se forma el 81% de todas las hojas producidas en un año. En el resto del período lluvioso se forma un 15% más, y el 4% complementario se produce con las ligeras lloviznas que ocurren en los otros meses del año [Sotomayor *et al* 1989-a].

El patrón de foliación mencionado, permitió establecer que es conveniente la protección de las hojas nuevas durante los primeros meses de la época lluviosa, que coincide con el ciclo de desarrollo de los frutos [Sotomayor *et al* 1989-b]. Además, respecto a la Roya, debe considerarse que las hojas nuevas, casi o completamente desarrolladas, son probablemente las más susceptibles y las más frecuentemente infectadas a nivel de campo [Rayner, 1972]. Las mismas consideraciones indicadas para la Roya también son válidas para las enfermedades: Mal de hilachas y Ojo de gallo.

Respecto a la Mancha de hierro o Cercosporiosis de las hojas y frutos, los primeros síntomas comienzan a observarse aproximadamente 120 días después de la floración, pero en condiciones de manejo apropiado del cultivo no constituye un problema. Frecuentemente en ciertas áreas, la incidencia de Mancha de hierro es más intensa en la época seca y a veces se observan síntomas cuando la época lluviosa es muy irregular, especialmente en cafetales sobreexposados a la luminosidad solar, con déficit de humedad y carencias de nutrimentos en el suelo.

En las zonas de producción de café de tipo arábigo, la mayor foliación ocurre durante los dos primeros meses de la época lluviosa, lo que significa que el hospedero muestra una mayor predisposición para el ataque de Roya [Sotomayor *et al.*, 1989-b], Mal de hilachas y Ojo de gallo.

En la Figura 4, se indica la foliación acumulativa mensual de los cafetos de la variedad Caturra rojo, expresado en porcentaje, correspondiente al promedio de cinco años de observaciones, y su relación con la precipitación acumulada mensual.



**Figura 4.** Foliación acumulada mensual de los cafetos de la variedad Caturra rojo y su relación con el régimen de precipitación. ETT-Pichilingue. 1989 - 1991.

## 2. DEFOLIACION DE LOS CAFETOS

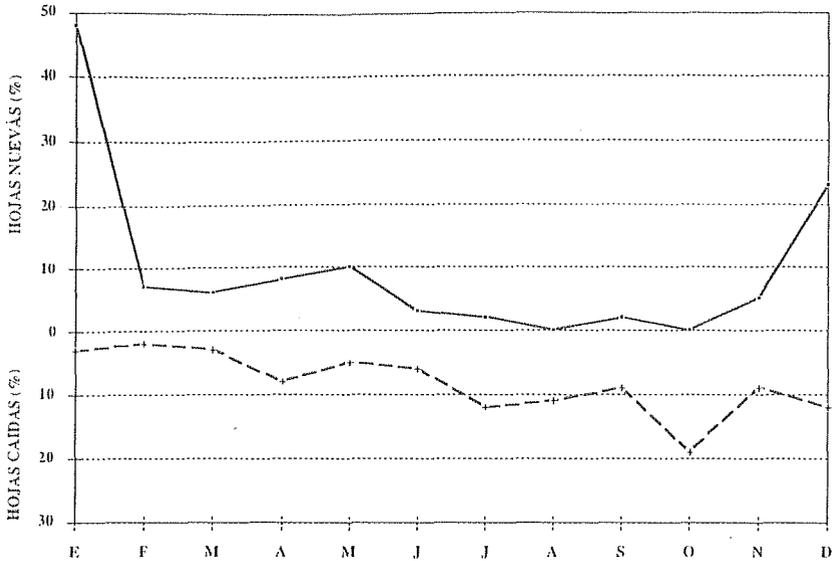
Las defoliaciones de los cafetos ocurren durante todo el tiempo, ya sea por efecto de la Roya o por la acción de otros factores, alcanzando los mas altos índices en la época seca y los primeros días de la época lluviosa [Sotomayor et al , 1989-a]. Al referirse a la acción de los otros factores, se incluye la acción de otras enfermedades, el daño ocasionado por las plagas foliares, el envejecimiento natural o caducidad de las hojas y la influencia de los factores físicos (Foto 10).

El efecto destructivo de la Roya, en años de alta incidencia, se aprecia en las severas defoliaciones ocurridas en la época lluviosa, donde la cantidad de hojas caídas en forma prematura, es considerablemente mayor a las foliaciones [Sotomayor et al, 1989-b].

Las reacciones del cafeto frente a los ataques de Mal de hilachas y Ojo de gallo, son mas o menos similares; observándose simultáneamente, en muchos casos, síntomas de dos o de las tres enfermedades.

En algunas regiones, donde la época lluviosa es muy corta, los cafetos pierden totalmente su follaje después del período de cosecha, cubriéndose de flores y hojas casi al mismo tiempo cuando se producen las primeras lluvias. Este fenómeno no ocurre en las zonas donde la época lluviosa alcanza los 180 días del año como en la zona central del litoral ecuatoriano, manejando el cafetal bajo sombra regulada. Se observa que las hojas permanecen en la planta por mas tiempo, acelerándose la defoliación con las primeras lluvias y formándose simultáneamente nuevas hojas.

En la Figura 5, se expone el patrón de foliación y defoliación de los cafetos de la variedad Typica, correspondiente al promedio de cinco años de observaciones, en Piñas, provincia de El Oro.



**Figura 5.** Patrón de foliación y defoliación de los cafetos de la variedad Typica. Piñas, El Oro. 1984 - 1990.

### 3. FLORACION Y FRUCTIFICACION

La floración en los cafetos está asociada con el régimen de precipitación de la zona. La época lluviosa, en la mayor parte de las áreas de café arábigo, es mas o menos continúa, exceptuando ciertos años en que su ocurrencia es muy irregular. Normalmente, entre los meses de Septiembre y Noviembre, se registran ligeras lloviznas que rompen el estado de dormancia de los cafetos y estimulan su primera floración, concluyendo el período, cuando se inicia la época lluviosa, a mas tardar, hacia fines de Diciembre o los primeros días de Enero.

Generalmente, en las variedades arábicas, se registran de dos a cuatro floraciones con intensidades variables. En la

Figura 6, se pueden observar los índices de floración de las especies arábica en la zona de Quevedo (estimación en la variedad Caturra rojo) y robusta en la zona de Santo Domingo de los Colorados [Vega, 1993].

El tiempo que transcurre entre la floración y maduración de las cerezas o ciclo de desarrollo de los frutos está dentro de un rango de 210 a 230 días [Sotomayor *et al*, 1989-a]. El período de cosecha, por consiguiente, se inicia a mediados de Mayo y, en algunas regiones o en ciertos años, se prolonga hasta Agosto.

Mientras las plantas se encuentran en plena floración, no es conveniente efectuar labores de poda, roza, aspersiones de fungicidas, que por acción física pueden provocar la caída de las flores antes de su fecundación.

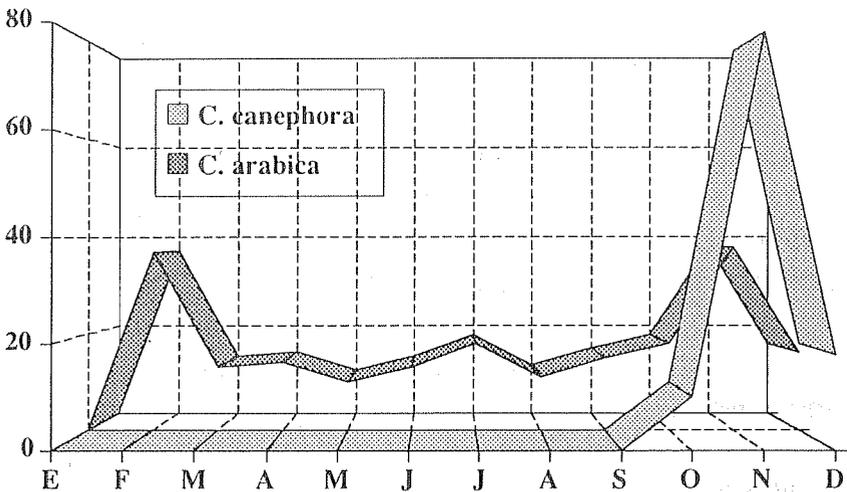


Figura 6. Índices mensuales de floración en las especies *C. arabica* y *C. canephora*.

El proceso fotosintético, que se caracteriza por la existencia de un flujo constante de energía de las hojas activas a los frutos, se produce a partir de la floración y continúa hasta la cosecha. Por lo tanto, el potencial productivo de los cafetos está en función de la cantidad de follaje sano que favorecerá una alta transformación de la energía solar en complejos químicos como los hidratos de carbono, proteínas, aceites finos y otros lípidos, que se acumulan en el endosperma.

En presencia de la Roya del cafo, el porcentaje de flores fecundadas que no llegan a su estado de maduración está en un rango de 31 a 50%, según sean los niveles de incidencia de la enfermedad [Sotomayor *et al.*, 1989-a]. El porcentaje de purga (caída de frutos inmaduros), cuando las incidencias de Mal de hilachas u Ojo de gallo son altas, puede alcanzar valores cercanos a 100%; es decir, puede perderse totalmente la cosecha.

#### **4. PRODUCCION**

La alta producción torna a una planta más susceptible a las enfermedades, debido a que promueve un desequilibrio nutricional [Sayago *et al.*, 1981]. En un cafetal bajo sombra regulada se disminuye la predisposición del hospedero al ataque de los patógenos y el factor nutricional se torna manejable en términos de lograr un equilibrio entre los requerimientos del cafo y su disponibilidad.

Las altas incidencias de Roya registradas en un determinado año afectan a la producción del año siguiente [Chalfoun, citado por Sotomayor, *et al.*, 1989-b]. Consiguientemente, las bajas incidencias de enfermedades permiten la recuperación del potencial productivo del cafetal.

## B. LOS PATOGENOS

### 1. VIRULENCIA DE LOS PATOGENOS

La intensidad del ataque de las enfermedades depende del grado de susceptibilidad o resistencia de los hospederos y del grado de virulencia de los patógenos. Por ejemplo, en el caso de la Roya del café, se conoce que al menos existen 30 razas fisiológicas de *H. vastatrix*, siendo la raza II la más dispersa y la de mayor agresividad [Sayago, *et al.*, 1981].

Los otros patógenos del café, probablemente, tienen también una amplia variabilidad genética y, sin duda, existen muchas razas y líneas, unas más virulentas que otras, debido a la alta frecuencia de mutabilidad de los hongos y su adaptabilidad a los diversos ambientes donde se cultiva café.

### 2. INOCULO RESIDUAL

La cantidad de inóculo residual así como el grado de virulencia del patógeno determinan la severidad de ataque [Becker-Raterink, Moraes y Quijano-Rico, 1991]. El inóculo residual lo constituye las esporas del hongo y/o micelio que llegan hasta el término de un ciclo foliar/año, las que en un ambiente predisponente se convierte en el inóculo básico con el que se iniciarán nuevos procesos infecciosos. Esto es válido para la Roya, Mal de hilachas y Ojo de gallo, cuyo inóculo interrumpe su dormancia y se activa con las primeras lluvias; el aumento de la temperatura, la presencia de suficiente agua libre en la lámina foliar y con cierto sombramiento en el interior del cafetal.

La velocidad del progreso de la Roya en el campo, depende de las condiciones microclimáticas y de la predisposición del hospedero. El conocimiento de las formas de favorecer el

desarrollo de los cafetos y crear al mismo tiempo un ambiente desfavorable para el ataque de los patógenos, se constituye en el fundamento del control integrado de las enfermedades, especialmente foliares.

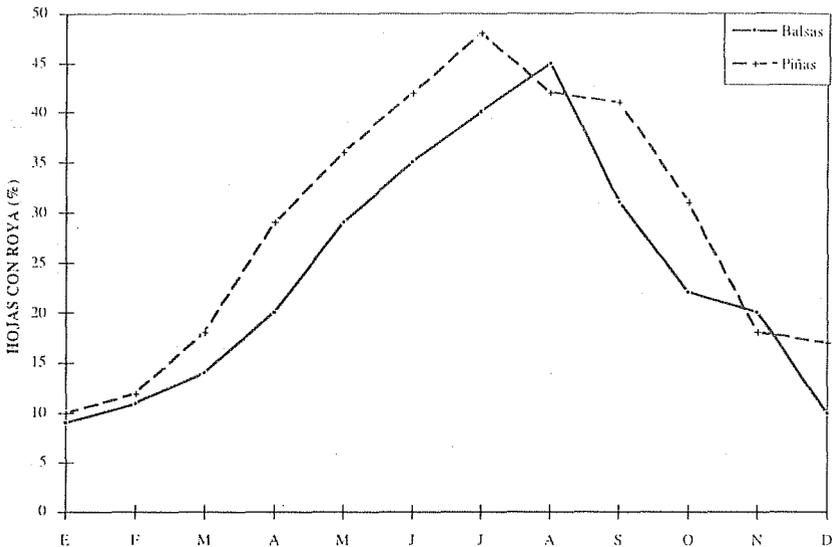
Las plantas de café arábigo, especialmente de la variedad *Typica*, tienden a mostrar un comportamiento propio de las especies de hoja caduca, perdiendo buena parte de su follaje en la época seca; en consecuencia, se reduce también el inóculo potencial. En los cafetos de la variedad *Caturra rojo*, el follaje se mantiene en las plantas por mayor tiempo y, frecuentemente, perdura hasta el inicio de las primeras lluvias, donde las hojas viejas se caen e inmediatamente son reemplazadas por el follaje tierno. En estos casos, es particularmente importante la cantidad de inóculo básico, debido a que si éste se encuentra en niveles altos, puede provocar severas pérdidas de las cosechas en el ciclo productivo siguiente.

En un estudio realizado en el sitio Zaracay, Provincia de El Oro, se evaluó el efecto de dos aplicaciones del fungicida Oxiclóruro de cobre 50 PM, en dosis de 3.0 kilos/hectárea, realizando la primera aplicación el 15 de Enero y la segunda el 15 de Abril, durante tres años consecutivos; teniendo en Diciembre, el 12 por ciento de incidencia de Roya en las parcelas con fungicida y el 26 por ciento en las parcelas sin fungicida. Estos resultados muestran el efecto de las aplicaciones del fungicida protector, y el riesgo de tener severas pérdidas de la producción en las parcelas.

En la Figura 7, se presenta la incidencia mensual de Roya del café, correspondiente al promedio de cinco años de observaciones. En la zona de Balsas, la curva de incidencia de Roya se

estableció en un cafetal de la variedad Caturra rojo; mientras que en la zona de Piñas, la curva de incidencia corresponde a un cafetal de la variedad Typica.

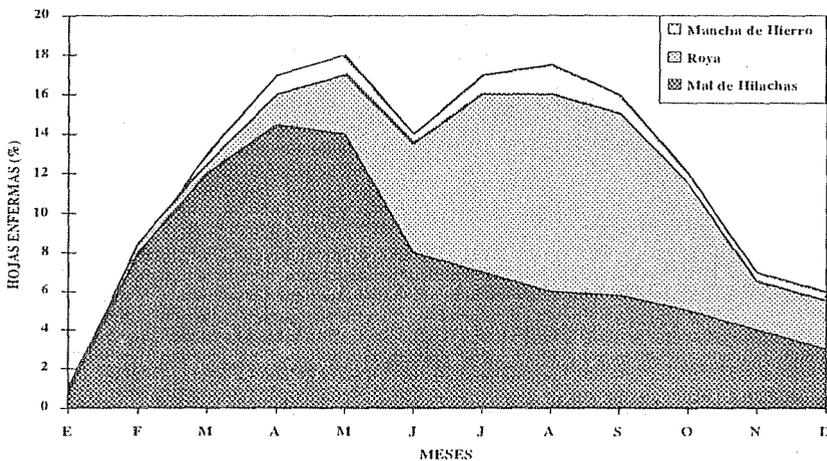
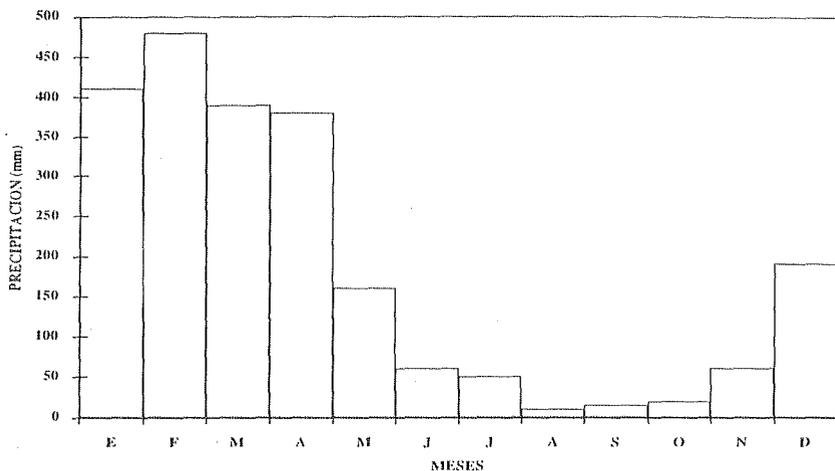
Los resultados muestran que existe una tendencia similar de comportamiento de la enfermedad tiende a ser similar, aún cuando se ubican en dos altitudes muy diferentes; la primera a 500 m.s.n.m. y la segunda a 1 100 metros sobre el nivel del mar.



**Figura 7.** Curvas de incidencia de Roya del café en las zonas de Balsas y Piñas, El Oro, 1984 - 1990.

En la Figura 8, se puede observar las incidencias acumuladas mensuales de las enfermedades Roya, Mal de hilachas y Mancha de hierro, correspondientes al promedio de tres años de observaciones, en la variedad Caturra, y su relación con el régimen de precipitación, en Pichilingue, Quevedo, provincia de Los Rios. Se aprecia que el rápido ascenso de los porcentajes de hojas enfermas ocurre entre los meses de Diciembre y Marzo; que coincide con la presencia de abundante follaje tierno en los cafetos.

Un eficiente control químico de las enfermedades Roya y Mal de hilachas, se ha logrado realizando una primera aspersión a la entrada de la época lluviosa; es decir, hacia mediados del mes de Diciembre, aún cuando no se observen síntomas de las enfermedades (inóculo básico reducido), pero solo como complemento de las labores culturales. Una segunda aspersión puede efectuarse seis semanas después, en caso de observarse síntomas de las enfermedades mencionadas, en un porcentaje superior al cinco por ciento, considerado como el límite de tolerancia y siempre que su aplicación se justifique desde el punto de vista económico.



**Figura 8.** Incidencias mensuales acumuladas de Roya, Mal de hilachas y Mancha de hierro en cafetos de la variedad Caturra y su relación con la precipitación. Pichilingue, Los Ríos. 1989 - 1991.

## C. EL AMBIENTE

### 1. EL CAFETO-PATOGENO Y BIOTA

En un ecosistema cafetalero se destacan los siguientes elementos bióticos: árboles de sombra permanente, plantas que proveen sombra temporal, especies vegetales de cobertura, malas hierbas, una extensa microflora; insectos, ácaros, aves y otros elementos de la macro y microfauna.

#### a. *Arboles de sombra*

Los árboles de sombra proporcionan al cafetal condiciones microclimáticas mas o menos estables. Según las condiciones macroclimáticas de la región, es conveniente proporcionar un 30-40 % de sombra. La luminosidad está asociada con la humedad relativa interna y con la capacidad fotosintética de los cafetos. A mayor sombreado del cafetal hay una humedad relativa mas alta, menor capacidad de fotosíntesis y condiciones ambientales favorables para el progreso de varias enfermedades del cafeto.

Las especies vegetales empleadas en Ecuador como sombra permanente de los cafetales, entre otras, son las siguientes: ***Inga edulis*** Mart. (guaba de bejuco), ***Inga spectabilis*** Willd. (guaba de machete), ***Citrus spp.*** (cítricos), ***Erythrina spp.*** (eritrina), ***Theobroma cacao*** L. (cacao), ***Cordia alliodora*** Oken. (laurel), ***Jacaranda copaia*** D. Don. (jacaranda) y ***Leucaena spp.*** (leucaena).

Se ha recomendado el establecimiento de árboles de guaba para proveer sombra permanente a los cafetales arábigos. Las distancias de siembra están en relación con la altitud, topografía, fertilidad del suelo y distancia de siembra del cafetal [Duicela y Sotomayor, 1993].

### ***b. Especies de sombra temporal***

Durante los primeros 18-24 meses de crecimiento del cafetal en el campo, se recomienda establecer plantas de plátano o banano (***Musa spp.***), en una densidad aproximada de 200 unidades de producción y regulando constantemente a tres pseudotallos por sitio y eliminando las hojas viejas y/o enfermas. Otras especies que pueden emplearse son: **Carica papaya** y **Cajanus cajan**.

Las principales modificaciones en el microclima, provocadas por la sombra del cafetal son las siguientes: Disminuye la temperatura del aire durante el día y la mantiene ligeramente más alta durante la noche. Las variaciones de temperatura y humedad relativa son menos drásticas. La humedad relativa en los cafetales con sombra, durante los meses secos, se mantiene un poco más alta en relación de los cafetales a plena exposición solar.

A plena exposición solar los frutos maduran tempranamente, pero también hay una mayor proporción de frutos con cercosporiosis. Las hojas en los cafetales con sombra se mantienen verdes por más tiempo y su defoliación es más lenta en comparación con los cafetales a plena exposición. Al empezar el período lluvioso, los cafetales a plena exposición recuperan el follaje con mayor rapidez.

### ***c. Cultivos asociados***

Durante los primeros meses de crecimiento de los cafetos, es económicamente conveniente aprovechar los espacios entre hileras sembrando cultivos como: maíz, maní, fréjol o soya.

Para obtener adecuadas cosechas de los cultivos asociados con café, hay que adaptar sus recomendaciones sobre manejo, especialmente en lo relacionado a la fertilización.

#### **d. Especies de cobertura**

En las plantaciones de café robusta en la región amazónica, como cobertura vegetal, se ha destacado la especie **Desmodium ovalifolium**, cortándose dos veces/año. De esta manera se reducen los costos de mano de obra empleada para las deshierbas manuales, se mejora la estructura del suelo y se aporta nitrógeno [INIAP, 1994].

#### **e. Malas hierbas**

Las malezas causan reducciones de las cosechas debido a la competencia de éstas con el cultivo por agua, luz, espacio, nutrientes y bióxido de carbono [Garzón y Galarza, 1993].

Entre las especies de malezas de mayor importancia se mencionan las siguientes: Marigold (**Tagetes minuta**), cadillo (**Bidens pilosa**), bledo (**Amaranthus sp.**), verdolaga (**Portulaca oleracea**) y lechosa (**Euphorbia heterophylla**) [Garzón y Galarza, 1993]. En determinados lugares, sobretodo en los dos primeros años de crecimiento de los cafetos, atacan algunas malezas agresivas, entre ellas: coquito (**Cyperus rotundus**) y saboya (**Panicum maximum**). En las áreas de elevada humedad atmosférica se desarrollan algunas epífitas como musgos, líquenes y la «hierba de pajarito».

Desde el punto de vista sanitario, las malezas contribuyen a crear condiciones microclimáticas muy favorables para el progreso de algunas enfermedades y constituyen hospederas alternantes de plagas y/o patógenos.

#### **f. Microflora**

Una amplia gama de especies, particularmente de hongos y bacterias, componen la microflora del cafetal. Entre los hongos

benéficos se encuentra a **Beauveria bassiana**, un entomopatógeno de la broca del fruto y del taladrador de la ramilla; y **Verticillium sp.**, un hiperparásito de la Roya.

Muchos hongos son muy perjudiciales para la caficultura porque causan enfermedades en raíces, tallos, hojas, flores y frutos. Entre ellos se encuentran los agentes causales de la Roya, Mal de hilachas, Mancha de hierro, Ojo de gallo y Viruela.

El efecto directo del Mal de hilachas sobre el rendimiento se estableció mediante la ecuación lineal siguiente:

$$\text{RCO} = 1828 - 56.3 \text{ PMH}$$

Donde: **RCO** = Rendimiento expresado en kilos de café oro/hectárea  
**PMH** = Porcentaje de hojas con Mal de hilachas

El valor 1828 corresponde a la producción potencial de la variedad Caturra rojo bajo esas condiciones específicas de manejo agronómico. El valor 56.3 corresponde a la pendiente de la recta y significa que por cada uno por ciento de aumento en la incidencia del Mal de hilachas, la producción potencial se reduce en 56.3 kilos/hectárea.

A partir de esta información se estimó la pérdida relativa de la producción potencial a partir de la relación  $56.3/1828$ , que equivale a 3.1 por ciento. Por lo tanto, se estima que el incremento del uno por ciento de incidencia reduce el 3.1 por ciento de la producción potencial. El punto crítico de incidencia se sitúa en 33 por ciento, donde teóricamente se tendría una pérdida total de la cosecha; tanto mas que el Mal de hilachas afecta durante los primeros meses de desarrollo de los frutos.

En base al mismo procedimiento se estableció la ecuación del rendimiento como función del porcentaje de hojas con Roya, siendo la siguiente:

$$RCO = 2464 - 79.1 \text{ PHR}$$

Donde: **RCO**= Rendimiento expresado en kilos de café oro/hectárea

**PHR**= Porcentaje de hojas con Roya

En consecuencia, el incremento del uno por ciento de hojas enfermas con Roya provoca la reducción del 3.2 por ciento de la producción potencial; siendo el punto crítico de incidencia el 31 por ciento.

Estas consideraciones permiten inferir que, en general, un incremento del uno por ciento de hojas enfermas en los cafetos provoca la reducción del rendimiento potencial en un tres por ciento. Por lo tanto, se recomienda efectuar las labores fitosanitarias pertinentes para mantener los niveles de incidencia abajo de sus límites de tolerancia.

### ***g. Macro y microfauna***

Los insectos, aves, roedores y muchas otras especies del reino animal, de manera permanente o eventual, forman parte del ecosistema cafetalero y en mayor o menor intensidad interactúan con el café, y muchos de ellos dependen de él para su sobrevivencia.

Desde el punto de vista sanitario, varias especies animales son vectores de enfermedades; por ejemplo, los insectos transportan en su cuerpo esporas de hongos.

## 2. EL CAFETO, PATOGENO Y ABIOTA

En el Ecuador se cultiva café en una gran diversidad de climas y suelos; desde altitudes cercanas a cero hasta los 2 000 metros sobre el nivel del mar. El café robusta crece bien en las zonas tropicales y subtropicales húmedas, y los cafés arábigos están cultivados en las zonas tropicales, subtropicales e inclusive templadas.

Las zonas húmedas tienen condiciones macroclimáticas propicias para el desarrollo de las enfermedades Mal de hilachas, Ojo de gallo, Roya y Viruela.

En pocas plantas de café robusta, a nivel del país, se han detectado síntomas de Roya, aún cuando existan condiciones para su desarrollo, lo que indica su alto grado de resistencia a esta enfermedad foliar.

En la «ceja de montaña», esa extensa franja a lo largo de las estribaciones de la cordillera de los Andes, normalmente hay alta nubosidad y elevada humedad atmosférica, que se asocian con una mayor incidencia de Mal de hilachas y/u Ojo de gallo.

En las áreas con alta luminosidad y suelos pobres en nutrientes y materia orgánica, las incidencias de Cercosporiosis en hojas y frutos son elevadas. La deficiencia de manganeso esta asociada a la mayor incidencia de Roya [Sayago, Pérez y Farrera, 1981]; así como la deficiencia de nitrógeno se relaciona con la Mancha de hierro.

La fisiología de los cafetos, especialmente en lo relacionado a la nutrición y fotosíntesis, está asociada estrechamente con la altitud y los factores de clima y suelo.

Un estudio orientado a determinar el efecto de los factores climáticos sobre la incidencia de Roya en un cafetal de la variedad Typica, ubicado en el sitio La Chuva, a 1 100 metros sobre el nivel del mar, en base a la regresión múltiple, permitió establecer el siguiente modelo matemático:

$$\text{PHR} = 276 - 0.0918 \text{ PM} - 8.589 \text{ TM} - 0.083 \text{ HR}$$

Donde: **PHR** = Porcentaje de hojas con Roya  
**PM** = Precipitación mensual (milímetros)  
**TM** = Temperatura media (grados centígrados)  
**HR** = Humedad relativa (por ciento)

En el Cuadro 2, se presentan las incidencias de Roya observadas y predecidas empleando el modelo matemático en referencia ( $r = 0.956$ ).

**Cuadro 2.** Predicción de las incidencias de Roya del cafeeto en la variedad Typica según el modelo:  
 $\text{PHR} = 276 - 0.0918 \text{ PM} - 8.589 \text{ TM} - 0.083 \text{ HR}$ .  
 Piñas, El Oro.

Meses	<u>Porcentaje de hojas con Roya</u>		
	Observado	Predecido	Diferencia
Enero	8.4	12.5	4.1
Febrero	9.7	9.4	0.3
Marzo	10.8	8.8	2.0
Abril	16.2	15.2	1.0
Mayo	21.6	17.4	4.2
Junio	28.2	29.8	1.6
Julio	35.4	36.9	1.5
Agosto	35.6	36.9	1.3
Septiembre	37.4	30.9	6.5
Octubre	20.0	23.2	3.2
Noviembre	21.5	21.5	0.0
Diciembre	11.7	14.1	2.4

En un estudio realizado en Pichilingue (Quevedo) orientado a establecer la influencia de los factores climáticos sobre el porcentaje de hojas enfermas en cafetos de la variedad Caturra rojo, en base a la regresión múltiple, se determinó el siguiente modelo como el mas apropiado ( $r= 0.83$ ) para explicar el fenómeno biológico:

$$\text{PHE} = -296 - 0.041 \text{ PM} + 2.50 \text{ HR} + 3.35 \text{ TMX}$$

Donde: **PHE** = Porcentaje de hojas enfermas (Roya+Mal de hilachas+Mancha de hierro)  
**PM** = Precipitación acumulada mensual (mm)  
**HR** = Humedad relativa media (por ciento)  
**TMX** = Temperatura máxima promedio mensual (grados centígrados)

En base a la ecuación multivariada, se puede predecir el porcentaje de hojas enfermas total, en la variedad Caturra rojo, manejado con el sistema de sombra regulada (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Predicciones mensuales del porcentaje de hojas enfermas en cafetos de la variedad Caturra rojo cultivada bajo sombra regulada, según el modelo  $\text{PHE} = -296 - 0.041 \text{ PM} + 2.50 \text{ HR} + 3.35 \text{ TMX}$ . Quevedo, Los Rios.

Meses	Porcentaje de hojas con Roya		Diferencia
	Observado	Predecido	
Enero	0.6	6.8	6.2
Febrero	8.4	9.4	1.0
Marzo	12.7	10.0	2.7
Abril	16.8	11.5	5.3
Mayo	17.9	18.3	0.4
Junio	14.1	17.3	3.2
Julio	17.3	13.9	3.4
Agosto	17.5	18.2	0.7
Septiembre	16.2	14.8	1.4
Octubre	11.3	14.0	2.7
Noviembre	7.0	6.0	1.0
Diciembre	5.7	5.3	0.4

## **D. EL HOMBRE**

### **1. SISTEMAS DE PRODUCCION**

#### ***a. Sistema a plena exposición solar***

El cultivo de café a plena exposición solar es una caficultura intensiva que exige una alta adición de insumos como agua y nutrientes para mantener el equilibrio fisiológico y lograr elevados rendimientos. En este sistema hay un elevado riesgo de que ocurran altas incidencias de Mancha de hierro, en las hojas y frutos; en el primer caso, se reduce el área foliar; y en el segundo caso, se deteriora la calidad física y organoléptica de los granos.

#### ***b. Cafetal bajo sombra regulada.***

La sombra temporal y permanente en los cafetales permite regular las relaciones entre suelo, agua, planta y atmósfera. Se recomienda podar los árboles de sombra cada año, en la época seca, procurando un 60-70% de luminosidad y efectuando las labores culturales que favorezcan el desarrollo del cultivo. De esta manera, se modifican las condiciones favorables para el ataque de los patógenos (Foto 11).

#### ***c. Sistema tradicional***

La mayoría de los cafetales ecuatorianos tienen una sombra excesiva proporcionada por un complejo de árboles y arbustos (Foto 12). En los cafetales tradicionales no se aplican agroquímicos ni se aplican prácticas culturales orientadas a mejorar la productividad. En estas condiciones proliferan muchas enfermedades y plagas. El interés del agricultor en muchos casos no está exclusivamente en la cosecha de café sino también en los otros componentes del sistema.

Un cafetal tradicional puede mejorarse organizando el sistema, uniformizando la sombra mediante las podas de los árboles y cafetos, rehabilitando la plantación, controlando las malezas, fertilizando y controlando las plagas y las enfermedades.

## 2. MEJORAMIENTO DEL CAFETAL

Un cafetal deficientemente manejado puede ser sometido a diversificación, rehabilitación o renovación, para su mejoramiento. La diversificación consiste en el reemplazo del cafetal improductivo, de edad avanzada, situado en una área marginal de la finca o muy deteriorado a causa de las plagas o enfermedades. Estos cultivos alternativos pueden ser; entre otros, cítricos, especies forestales, yuca o achioté.

La rehabilitación es una práctica cultural de mantenimiento que empieza con una poda severa denominada recepa. Esta consiste en cortar el tallo principal a una altura de 40 centímetros de altura, desde el nivel del suelo, para luego de la emisión de brotes proceder a seleccionar los mejores que pasarán a constituirse en los nuevos ejes productores [Sotomayor y Duicela, 1990]. La recepa es la actividad inicial de un proceso de mejoramiento del manejo agronómico, aplicable a cafetales deteriorados pero vigorosos y relativamente jóvenes.

La renovación consiste en la eliminación de la plantación improductiva y su reemplazo por plántulas de variedades superiores, con distanciamientos apropiados, con sombra regulada y bien ordenada, donde se apliquen las recomendaciones tecnológicas para la producción de café. El manejo del cultivo, en el contexto multilateral, se conoce como control cultural y se constituye en el principal componente del control integrado de las plagas y enfermedades en general, y del control integrado de las enfermedades foliares, en particular.

### 3. CONTROL QUIMICO

Un cafetal bien manejado (renovado o rehabilitado) tiene una mayor capacidad productiva. Las plagas y enfermedades, en caso de no aplicar una adecuada estrategia de control, provocan reducciones de las cosechas; por consiguiente, pérdidas económicas al agricultor.

Los fungicidas protectores a base de cobre han resultado los más apropiados para el control del Mal de hilachas, Ojo de gallo, Roya y Viruela. Para el control de Mancha de hierro y Viruela se recomienda el uso del fungicida sistémico Benomyl (Benlate).

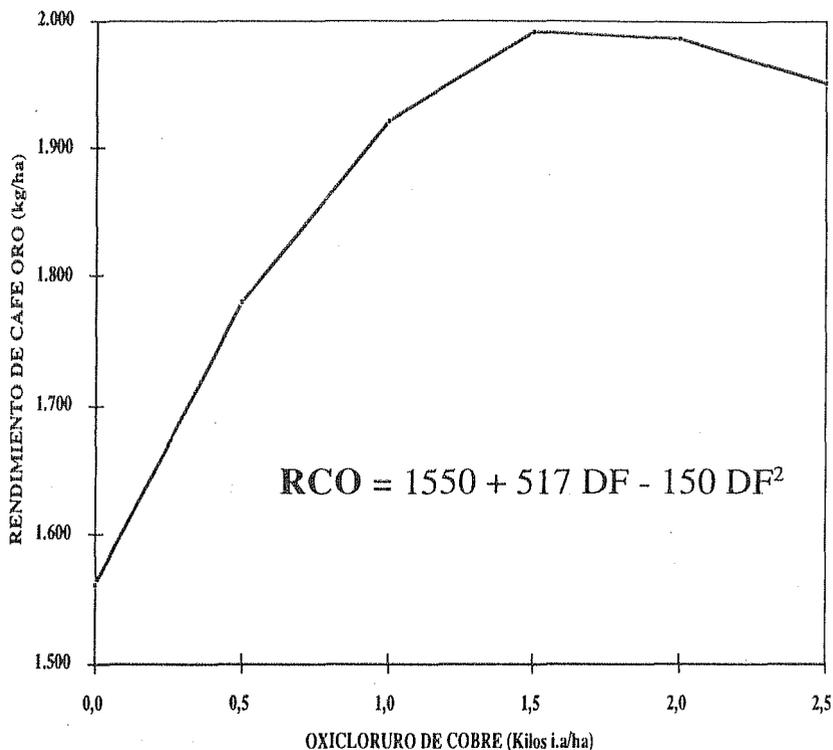
Buscando determinar la dosis más adecuada del fungicida Oxidloruro de cobre que permita obtener los mejores rendimientos, con información de tres años consecutivos, en un cafetal de la variedad Caturra rojo rehabilitado mediante la recepa y apoyándose en un análisis de regresión de segundo grado, se estableció el siguiente modelo que explica el fenómeno biológico ( $r=0.99$ ):

$$RCO = 1550 + 517 DF - 150 DF^2$$

Donde: **RCO** = Rendimiento expresado en Kgde café oro/ha  
**DF** = Dosis del fungicida Oxidloruro de Cobre expresado en Kg/ha de ingrediente activo.

A partir de la ecuación, mediante diferenciación, se estableció que con la dosis de 1.75 kilos/hectárea de ingrediente activo del fungicida cúprico se alcanza el mayor rendimiento en un cafetal de la variedad Caturra recepado, como se puede apreciar en la Figura 9. Esto significa que, en el caso de emplearse Oxidloruro de cobre 50 PM, la dosis más adecuada, en las condiciones de manejo señaladas, es de 3.5 kilos de producto comercial por hectárea.

Respecto del número de aplicaciones, varios estudios permitieron establecer que solo es necesario proteger los cafetos, con una o dos aplicaciones, cuando tienen abundante follaje tierno, esto es durante las primeras semanas de la época lluviosa.



**Figura 9.** Relación entre la dosis de ingrediente activo de Oxidocloruro de cobre y el rendimiento de un cultivo de café de la variedad Caturra. Pichilingue, Los Ríos. 1989 - 1991.

El fungicida Oxicloruro de cobre 50 PM, se recomienda aplicar en dosis de 1.5 kilos por hectárea, en los cafetales en crecimiento de hasta 18 meses. En las plantaciones establecidas y en producción la dosis recomendada es de 3.0 kilos por hectárea. En los cafetales rehabilitados mediante la recepa se recomienda aplicar 3.5 kilos por hectárea. El fungicida cúprico debe ser aplicado agregando un adherente como el Agral 90, en dosis de 200 mililitros por hectárea o Nu-Film-17, en dosis de 1.0 litro por hectárea.

Los aspectos mas importantes del control químico son las determinaciones del número, época y frecuencia de las aplicaciones del fungicida. Se ha probado que dos aplicaciones por año, en las dosis recomendadas, son suficientes. La primera aplicación debe efectuarse cuando hay abuntante follaje tierno; esto ocurre durante los primeros días del período lluvioso, entre la segunda y cuarta semana de Diciembre. La segunda aplicación debe efectuarse entre 30 y 45 días después de primera.

En un cafetal de la variedad Caturra rojo, aplicando el programa de control químico que se recomienda, se logró mantener las incidencias de Mal de hilachas y Roya en niveles cercanos al cero por ciento durante la mayor parte de la época lluviosa; lo que indica el efecto protector del fungicida cúprico cuando se aplica oportunamente.

El fungicida Benomyl 50 PM (Benlate) puede ser empleado solo en cafetales en crecimiento, en dosis de 0.50 kg por hectárea, cuando se observen los primeros síntomas de la Mancha de hierro. Bajo las condiciones de sombra regulada y buena nutrición, no hay problemas con esta enfermedad.

La Viruela es una enfermedad exclusiva de los cafetales del tipo robusta y se recomienda aplicar Benomyl 50 PM, en dosis de 0.50 kg por hectárea cuando los cafetales han sido rehabilitados mediante la recepa y están en la fase de crecimiento.

**5.**

**IMPACTO  
ECONOMICO  
DE LAS  
ENFERMEDADES  
FOLIARES  
DEL CAFETO**

Se han realizado varios estudios con el propósito de establecer el efecto de las enfermedades foliares sobre la producción de café. Los análisis permitieron establecer, desde el punto de vista fisiológico, que una planta de café tiene un límite de tolerancia a las enfermedades foliares. Este límite se sitúa entre 5 y 7% de hojas enfermas. A fin de tener mayor confianza, se ha fijado en el cinco por ciento, el límite de tolerancia para las enfermedades foliares. A partir de este punto, se observa una reducción progresiva de los rendimientos, conforme se eleva el porcentaje de hojas enfermas.

Con estos fundamentos se puede afirmar que no hay pérdidas económicas de la producción cuando las incidencias no sobrepasan el límite de tolerancia mencionado. Por otra parte, exceptuando a la Roya que ataca solo las hojas, las otras enfermedades afectan también a los frutos, elevando los índices de purga, provocando momificaciones y deteriorando la calidad del grano.

El uso de variedades de alta producción y con cierta resistencia a los problemas fitosanitarios (control genético), el manejo adecuado del cafetal (control cultural) y la preservación de los reguladores naturales de las plagas y patógenos (control biológico) hacen que el cafetal tenga un elevado potencial productivo. En estas condiciones es necesario proteger los frutos formados en los cafetos, hay que cuidar la futura cosecha evitando que sea arrebatada por los problemas fitosanitarios. Solo en este momento el control químico resulta económicamente conveniente.

Cuando las incidencias han superado el límite de tolerancia y considerando el rendimiento en función del porcentaje de hojas enfermas se estableció que, proporcionalmente, el aumento del uno por ciento de incidencia provoca la reducción del tres por ciento del rendimiento potencial.

En el Cuadro 4, se presenta las pérdidas del producto en función del porcentaje de hojas enfermas.

**Cuadro 4.** Relación entre las pérdidas del producto (kg/ha), porcentaje de hojas enfermas y rendimiento potencial.

(% ) Hojas enfermas		Rendimiento potencial (kg/ha)					
		500	600	700	800	900	1.000
0-5	<b>P</b>	0	0	0	0	0	0
6		15	18	21	24	27	30
7	<b>E</b>	30	36	42	48	54	60
8		45	54	63	72	81	<b>90</b>
9	<b>R</b>	60	72	84	<b>96</b>	<b>108</b>	120
10		75	90	<b>105</b>	120	135	150
11	<b>D</b>	90	<b>108</b>	126	144	162	180
<b>12 (a)</b>		<b>105</b>	126	147	168	189	210
13	<b>I</b>	120	144	168	198	216	240
14		135	162	189	216	243	270
15	<b>D</b>	150	180	210	240	270	300
16		165	198	231	264	297	330
17	<b>A</b>	180	216	252	288	324	360
18		195	234	273	312	351	390
19	<b>S</b>	210	252	294	336	378	420
20		225	270	315	360	405	450

(a) En negrilla se indican los puntos aproximados de equilibrio entre la pérdida del rendimiento potencial y el costo del control químico (50.00 dólares), cuando el precio del café es de 0.50 dólares el kilo de café oro.

Si el rendimiento potencial es de 1.000 kg de café oro/ha/año, se pierden 30 kg por cada 1% de hojas enfermas, arriba del límite de tolerancia. Suponiendo que el precio del café oro en el mercado sea equivalente a un dólar por kg significa que se pierden 30 dólares/hectárea/año por cada uno por ciento de hojas enfermas, arriba del límite de tolerancia fijado en el 5 por ciento.

En el caso de tener el 20% de hojas enfermas, en un cafetal con un potencial productivo de 1.000 kg de café oro/ha, se estaría perdiendo 450 kilos de producto. Asumiendo que el precio del producto sea de un dólar por kilo, se estaría perdiendo 450 dólares/ha/año. Es evidente que las pérdidas son mayores cuando los niveles de incidencia de las enfermedades foliares del café son mas elevados.

Las pérdidas que ocasionan las enfermedades foliares estan en íntima relación con el potencial productivo del cafetal, los precios de los insumos y los precios del producto. Desde el punto de vista económico y en base al costo del control químico, fijado en 50 dólares USA/hectárea/año (dos aplicaciones con aspersora motorizada en dosis de 3.0 kg/ha), se establece un umbral económico de incidencia, esto es el punto de equilibrio entre el costo del control y la pérdida económica, abajo del cual es inconveniente la aplicación de fungicidas.

Suponiendo que el precio del café sea un dólar / kilo, el umbral económico, cuando el rendimiento potencial es de 500 kg/ha se sitúa entre 8 y 9% de hojas enfermas. Si el precio del café fuese de 0.50 dólares, entonces el umbral económico estaría en cerca del 12% de incidencia. En los casos en que los rendimientos potenciales son mayores, los umbrales económicos tienden a ser mas bajos.

Considerando una superficie cafetalera nacional de 400.000 hectáreas, con un potencial productivo de 500 kilos de café oro/ha/año y un 10% de hojas enfermas, y el precio del producto sea de un dólar/kilo, la pérdida económica sería de 30 millones de dólares/año.

El impacto económico de las enfermedades foliares del café resultaría aún más perjudicial para la economía del país si se considera el potencial productivo de las variedades mejoradas Caturra, Catuaí, Pacas, Sarchimor, Catimor y Cavimor (superiores a los 1.000 kilos de café oro/hectárea/año), los niveles promedio de incidencia fueran mayores al 30 por ciento y el precio del producto superara los tres dólares por kilo.

**6.**

# LITERATURA CITADA

- ACOSTA, M. 1977. Ecología y fitoecología. Quito, Ecuador. Casa de la Cultura Ecuatoriana. p: 115-126.
- ANCHUNDIA, L. 1994. Estudio de la fluctuación poblacional del Minador de la hoja del café *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus enemigos naturales. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, Manabí, Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 85 p.
- AREVALO, A. 1976. Requerimientos ecológicos de algunos cultivos tropicales y subtropicales. Quito, Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Departamento de Regionalización, 5p.
- BECKER-RATERINK, S.; MORAES, W. y QUIJANO-RICO, M. 1991. La roya del cafeto. Conocimiento y control. Rossdorf, Alemania. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 281 p.
- BORLAUG, N. 1974. Población humana, demanda alimentaria y necesidades de fauna y flora. México, Centro Internacional de Maíz y Trigo. Traducciones y sobretiros No. 6. 9p.
- DUICELA, L. y SOTOMAYOR, I. 1993. La sombra en el cafetal. In Sotomayor, I. ed. Manual del cultivo del café. Quevedo, Ecuador. INIAP, FUNDAGRO, GTZ. p: 78-81.

- ENRIQUEZ, G. 1993. Ecofisiología del cultivo. In Sotomayor, I. ed. Manual del cultivo del café. Quevedo, Ecuador. INIAP, FUNDAGRO, GTZ. pp: 28-42.
- ESKES, A. 1989. Disponibilidad de variabilidad genética en café. In VII Reunión Regional de Mejoramiento Genético del Café. Honduras. IICA. p: 1-10.
- FOURNIER, L.A. 1980. Fundamentos ecológicos del cultivo de café. San José, Costa Rica. IICA, PROMECAFE. Publicación Miscelánea No. 230. 29 p.
- GARZON, I. y GALARZA, C. 1993. Control de malezas. In Sotomayor, I. ed. Manual del cultivo del café. Quevedo, Ecuador. INIAP, FUNDAGRO, GTZ. p: 167-174.
- GONZALES, M.O. 1986. Evaluación del efecto de productos cúpricos en los hongos **Spicaria sp.** y **Metarrhizium sp.**, patógenos de **Phillophaga spp.** Estudio de la factibilidad de crianza. In IX Simposio sobre caficultura latinoamericana, 9, 1986. Guatemala. IICA, PROMECAFE. p: 43-58.
- ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE. PROGRAMA DE CAFE. (Ec). 1994. Informe Anual Técnico 1993. Ecuador. (mimeografiado). 84p.

- MAESTRI, M. y SANTOS BARROS, R. 1981. Ecofisiología de cultivos tropicales: café. San José, Costa Rica. IICA, PROMECAFE. Publicación miscelánea No. 288. 50 p.
- RAYNER, R.W. 1972. Micología, historia y biología de la roya del cafeto. Turrialba, Costa Rica. IICA, CATIE. Publicación miscelánea No. 94. 68p.
- RODRIGUEZ, C.J. 1977. Resistencia del café a las royas. In Contribuciones del IICA al conocimiento de la roya del cafeto. San José, Costa Rica. IICA. p: 52-64.
- SAYAGO, M.A.; PEREZ, E. y FARRERA, R. 1981. La roya del cafeto. Bramón, Táchira, Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigaciones Agropecuarias Región Los Andes. Serie D, No. 2. 56 p.
- SOTOMAYOR, I. 1993. Enfermedades del cafeto. In Sotomayor, I., ed. Manual del cultivo del café. Quevedo, Ecuador. INIAP, FUNDAGRO, GTZ. p: 118-143.
- SOTOMAYOR, I. y DUICELA, L. 1990. Rehabilitación de cafetales mediante la poda de recepa. Estación Experimental Tropical Pichilingue. INIAP, PROTECA. 25p.
- SOTOMAYOR, I.; FLIEGE, F.; DUICELA, L. y LOAIZA, H. 1989-a. Determinación de la curva epidemiológica de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). Sanidad Vegetal (Ecuador) 4(4): 57-77.

- SOTOMAYOR, I.; FLIEGE, F.; DUICELA, L. y LOAIZA, H. 1989-b. Evaluación de diferentes épocas de aplicación de Oxidloruro de cobre 50 PM en el control de la roya del cafeto (**Hemileia vastatrix** Berk. & Br.). Sanidad Vegetal (Ecuador) 4(4): 78-93.
- VEGA, M. 1993. Estimación de las pérdidas ocasionadas por la broca **Hypothenemus hampei**, en la producción de **Coffea arabica** y **C. canephora** a nivel de campo. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, Manabí, Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 86 p.

**A**

# INDICE DE FOTOS



FOTO 7. Aplicación de fungicidas para el control de las enfermedades foliares del cafeto.

FOTO 8. Rama de café afectada por Minador de la hoja.



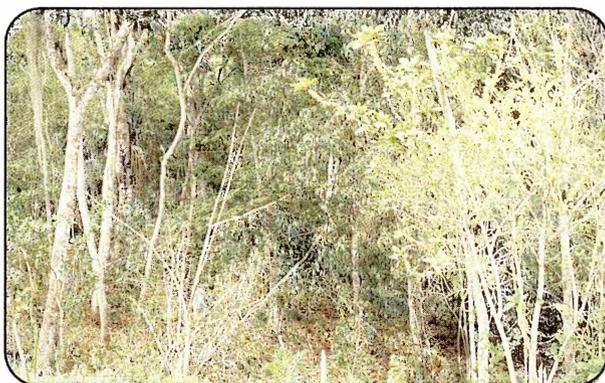
FOTO 9. Lesiones de roya en hojas de café afectadas por *Vercillium* sp.

FOTO 10. Cafetos defoliados por la acción conjunta de varios factores.

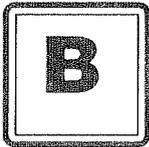


FOTO 11. Cafetal con sombra regulada.

FOTO 12. Cafetal con sombra excesiva.



- FOTO 1. Rama de café afectada por Mal de hilachas
- FOTO 2. Hoja de café con síntomas de Roya.
- FOTO 3. Hoja de café con síntomas de Ojo de gallo.
- FOTO 4. Hojas de café con síntomas de Mancha de hierro.
- FOTO 5. Planta de café afectada por Mal de Machete.
- FOTO 6. Hoja de café Robusta con síntomas de Viruela.
- FOTO 7. Aplicación de fungicidas para el control de las enfermedades foliares del café.
- FOTO 8. Rama de café afectada por Minador de la hoja.
- FOTO 9. Lesiones de roya en hojas de café afectadas por *Verticillium* sp.
- FOTO 10. Cafetos defoliados por la acción conjunta de varios factores.
- FOTO 11. Cafetal con sombra regulada.
- FOTO 12. Cafetal con sombra excesiva.



# INDICE GENERAL

## INDICE

1.	INTRODUCCION .....	5
2.	EL CAFETAL COMO ECOSISTEMA .....	11
	A. EL ECOSISTEMA CAFETALERO .....	13
	B. AMBIENTE Y LIMITES DE TOLERANCIA .....	18
	C. POTENCIAL PRODUCTIVO .....	19
3.	VARIETADES DE CAFE RESISTENTES A LAS ENFERMEDADES .....	23
	A. FUENTES DE RESISTENCIA A ALGUNOS PROBLEMAS SANITARIOS .....	25
	B. CULTIVARES PROMISORIOS EN EL ECUADOR .....	26
4.	INTERACCION Planta-Patógeno-Ambiente-Hombre .	29
	A. FENOLOGIA DEL CAFETO .....	33
	1. FORMACION DE HOJAS NUEVAS .....	33
	2. DEFOLIACION DE LOS CAFETOS .....	35
	3. FLORACION Y FRUCTIFICACION .....	36
	4. PRODUCCION .....	38
	B. LOS PATOGENOS .....	39
	1. VIRULENCIA DE LOS PATOGENOS .....	39
	2. INOCULO RESIDUAL .....	39
	C. EL AMBIENTE .....	44
	1. EL CAFETO-PATOGENO Y BIOTA .....	44
	a. Arboles de sombra .....	44
	b. Especies de sombra temporal .....	44

c.	Cultivos asociados .....	45
d.	Especies de cobertura .....	46
e.	Malas hierbas .....	46
f.	Microflora .....	46
g.	Macro y microfauna .....	48
<b>2.</b>	<b>EL CAFETO, PATOGENO Y ABIOTA .....</b>	<b>49</b>
<b>D.</b>	<b>EL HOMBRE .....</b>	<b>52</b>
<b>1.</b>	<b>SISTEMAS DE PRODUCCION .....</b>	<b>52</b>
a.	Sistema a plena exposición solar .....	52
b.	Cafetal bajo sombra regulada. ....	52
c.	Sistema tradicional .....	52
<b>2.</b>	<b>MEJORAMIENTO DEL CAFETAL .....</b>	<b>53</b>
<b>3.</b>	<b>CONTROL QUIMICO .....</b>	<b>54</b>
<b>5.</b>	<b>IMPACTO ECONOMICO DE LAS ENFERMEDADES FOLIARES DEL CAFETO .....</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>63</b>
<b>A</b>	<b>INDICE DE FOTOS .....</b>	<b>69</b>
<b>B.</b>	<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>75</b>