

7  
Zej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE  
CUAUTITLAN

PRONOSTICO DE LA INCIDENCIA DE LA ROYA DEL CAFETO  
(Hemileia vastatrix Berk et Br.) EN LAS REGIONES  
CAFETALERAS DEL ESTADO DE CHIAPAS, EN RELACION A  
SU ECOLOGIA.

## T E S I S

Para obtener el Título de  
INGENIERO AGRICOLA

Que presenta:

**JORGE M. CONSTANTINO TRUJILLO**

Director de la Tesis: HECTOR G. TOLEDO ROSILLO  
ING. AGRONOMO FITOTECNISTA SUBJEFE DEL  
PROGRAMA NACIONAL CONTRA LA ROYA DEL  
CAFETO, EN LA DIREC. GRAL. DE SANIDAD VEGETAL.

CUAUTITLAN DE ROMERO R., MEXICO,

AGOSTO DE 1984.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

	Pag.
PROLOGO	I
RESUMEN	II
OBJETIVOS	III
HIPOTESIS	IV
INTRODUCCION	1
MARCO GEOGRAFICO	9
. Localización	9
. Relieve	9
. Suelos	11
. Hidrografía	14
. Clima	17
. Vegetación y uso del suelo	18
ECOLOGIA DE LAS REGIONES CAFETALERAS DEL ESTADO DE CHIAPAS	24
. Ecología del cafeto	24
. Ecología de las Regiones Cafetaleras	26
- Localización	26
- Relieve	26
- Geología y suelos	27
- Clima	31
- Vegetación	34
ROYA DEL CAFETO	38
. Trasfondo histórico	38
. Sintomatología	40
. Diseminación del inóculo	42
. Biología	45

	Pag.
. Viabilidad de las esporas	47
. Razas fisiológicas de <u>H. vastatrix</u> y su distribución geográfica	48
. Ecología	52
. Daños que ocasiona	57
. Medidas de control	57
MATERIALES Y METODO	62
RESULTADOS	75
CALENDARIZACION DE LA APLICACION DE FUNGICIDAS	78
DISCUSION	86
BIBLIOGRAFIA	91

#### ANEXO.

#### LISTA DE CUADROS.

CUADRO 1.- Producción Mundial de Café	4
2.- Producción de café por Estados	5
3.- Requerimiento de mano de obra en una hectárea de cafetal	7
4.- Principales cultivos y su superficie en el Estado de Chiapas	23
5.- Algunas características de los suelos, según el Depto. de Agric. de EE. UU. (1949)	29
6.- Características de los suelos. FAO-UNESCO (1970), Modificado por DGGTN.	32
7.- Razas fisiológicas de <u>H. vastatrix</u> y sus respectivos factores de virulencia.	49
8.- Distribución geográfica de las razas fisiológicas de la <u>Roya del Cafeto</u>	50

	Pag.
CUADRO 9.- Datos de las Estaciones Metereológicas (INMECAFE)	65
10.- Datos de las Estaciones Metereológicas (Inst. de Geografía)	69

#### LISTA DE MAPAS.

MAPA 1.- Mapa altimétrico	10
2.- Edafología (suelos)	12
3.- Hidrología	15
4.- Climas	19
5.- Vegetación	21

#### LISTA DE GRAFICAS.

FIGURA 1.- Temperatura máxima en función a la altitud. Con datos del INMECAFE	67
2.- Temperatura mínima en función a la altitud. Con datos del INMECAFE	68
3.- Temperatura máxima en función a la altitud. Con datos del Inst.de Geografía.	72
4.- Temperatura mínima en función a la altitud. Con datos del Inst.de Geografía.	73
5.- Período de incubación de la roya del - cafeto en función a la altitud.	76

## PROLOGO

Todo organismo necesita para vivir y desarrollarse un medio que reúna un cierto número de condiciones. Si todos los factores son favorables menos uno, que se encuentra incompleto, este será el factor limitante, el que va a jugar un papel eficaz sobre la vida o la muerte del organismo, sobre su presencia o su ausencia en un medio dado.

Liebig \*

\* Dreux, P. 1975. Introducción a la Ecología. Ed. Alianza Editorial, S.A., Madrid, España.

## RESUMEN

En el presente trabajo se hizo una descripción geográfica del estado de Chiapas, con el fin de dar una imagen general, para luego entrar en detalle y hacer una descripción de la ecología de sus regiones cafetaleras, considerando los siguientes puntos: localización, relieve, suelos, clima y vegetación, porque estos factores se relacionan con la ecología de la Roya del Cafeto, y así, poder determinar la incidencia del hongo en nuestros cafetales. Este trabajo se apoyó básicamente en el reporte de Larios (15), en el cual se utiliza la ecuación de Rayner que relaciona las temperaturas medias mínima y máxima con el período de incubación de la Roya; y se siguió la metodología de análisis por simulación, que consistió en determinar la ecuación de regresión entre temperaturas medias mínimas y la altitud, así como las temperaturas medias máximas con la altitud, para luego sustituir cada una de estas ecuaciones en la ecuación de Rayner, para esto se vió la necesidad de hacer dos trabajos, uno con los datos de INMECAFE y el otro con los del Instituto de Geografía de la U.N.A.M., por tener muchas discordancias. Con base a estos resultados se clasificaron las zonas de acuerdo a la altitud.

Posteriormente se hizo un estudio sobre la distribución e intensidad de las lluvias y en base a esto se regionalizó, para poder establecer un calendario de aplicación de fungicidas.

## OBJETIVOS

Realizar un estudio de la ecología de las regiones cafetaleras del estado de Chiapas, manejando los siguientes factores: localización, relieve, suelos, clima y vegetación; para que de acuerdo a las características que estas presenten:

- Determinar en que zona se requieren mayores esfuerzos para controlar los daños que ocasiona la roya del cafeto.
  
- Establecer un calendario de aplicación de fungicidas.

## HIPOTESIS

Dentro de los factores ecológicos que más influyen en la multiplicación de Hemileia vastatrix Berk et Br., - la temperatura y la humedad son las más determinantes.

## INTRODUCCION

En el mundo las principales bebidas estimulantes no alcohólicas son el café, el cacao y el té. El café es la bebida que se hace hirviendo las semillas tostadas y molidas del cafeto.

El cafeto es un arbusto que pertenece a las Dicotiledonias, familia Rubiaceae, tribu Coffeoideae, género Coffea, y consta de más de 70 especies (7); las más importantes son: C. arábica L., C. canephora Pierre, C. libérica - Bull ex H., y C. dewerei de Wild y D. (7,45).

C. arábica y C. canephora producen por lo menos el 98% de las cosechas mundiales (7,37). Coffea arábica L. es originaria de Abisinia, Etiopía; esta especie es casi la única que se cultiva en América y la que produce el 90% del café comercial (11), entre sus menores variedades podemos destacar: arábica (typica), bourbón, mundo novo, catuerra y maragogipe.

En un inicio Arabia era el único lugar donde se producía café (11,30). En el año de 1658 los holandeses introdujeron C. arábica a Ceylán, y en 1699 a Java (30). Gran parte del café arábigo que existe ahora en América, tuvo su origen en un pequeño envío de Java a las Indias Occidentales en el año de 1714 (30).

## IMPORTANCIA NACIONAL

El cultivo del cafeto se inició en México\* en las postrimerías del siglo XVIII y primera mitad del siglo -- XIX, cuando se realizaron introducciones de Cuba a la región de Córdoba, Ver., de Guatemala a la región del Soconusco, Chiapas, y de Moka, Arabia al estado de Michoacán - (22). Mediante los esfuerzos y en ocasiones por precios aparentemente buenos el cultivo prosperó. En la actualidad la caficultura en México se desarrolla bajo los siguientes indicadores:

- Existen 419,500 hectáreas que se dedican al cultivo del cafeto \*\*, representan el 1.8% de la superficie total de labor en el país. Se localizan \*\* en 12 estados, 370 municipios y en 2,147 ejidos, comunidades y congregaciones.
- El número de caficultores \*\* es de 120,500; de los cuales, cerca del 98% de los productores poseen el 70% del área y aportan el 54% de la producción (23).
- Las plantaciones, instalaciones y mejoras territoriales tienen un valor estimado en más de 100,000 millones de pesos (22).

---

\* Dr. Faustino Miranda (1975). El cultivo del cafeto se inició en 1870 en el Estado de Veracruz.

\*\* Datos proporcionados por el "Programa Nacional Contra la Roya del Cafeto". Dirección General de Sanidad Vegetal.

- En el ciclo 1979/80 se obtuvo una producción de -- 3.9 millones de sacos (25), esto colocó a México - en el cuarto lugar como productor de café a nivel mundial. En años anteriores había ocupado el tercero (Cuadro 1). En este mismo ciclo se exportaron 2'290,083 sacos de 60 kgs. El valor de las exportaciones de café en sus diferentes tipos \* fué de 528 millones de dólares, los cuales generaron - más de 1,578 millones de pesos en divisas (25).

#### IMPORTANCIA ESTATAL.

Entrando en materia de lo que es la caficultura en el estado de Chiapas, se hará énfasis en su importancia - socioeconómica.

Chiapas ocupa el primer lugar como estado produc - tor de café a nivel nacional. Presenta los indicadores - siguientes:

- La superficie que se dedica al cultivo del cafeto es de 139,300 hectáreas \*\*, representan el 33% del área total que se destina a la caficultura en el - país (Cuadro 2). Se localizan en 3 regiones, la - del Soconusco, Centro y Norte, en las que se en - cuentran enclavados 73 municipios.

---

\* Tipos de café que se exportaron: verde, tostado y solu - ble.

\*\* Datos proporcionados por el "Programa Nacional Contra la Roya del Cafeto". Dirección General de Sanidad Vege - tal.

Cuadro Núm. 1. PRODUCCION MUNDIAL DE CAFE POR PAISES  
 PARA EL PERIODO 1972/73 - 1979/80 (\*).  
 (Miles de sacos de 60 kg.)

P A I S	1972/73	1973/74	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80
Brasil	16,240	26,960	22,444	6,663	16,048	20,853	21,253	19,500
Colombia	8,988	7,312	7,998	8,668	9,517	11,152	12,700	12,200
Indonesia	2,919	2,987	3,134	3,156	3,855	4,883	4,767	5,366
México (**)	3,700	3,550	3,950	4,200	4,000	3,650	4,000	3,900
Costa de Marfil	4,013	3,234	3,682	5,257	4,846	3,270	4,894	3,417
Etiopía	3,013	2,558	2,851	2,978	3,215	3,169	3,150	3,217
El Salvador	2,238	2,370	4,526	1,794	2,630	2,865	3,428	2,600
India	1,558	1,420	1,580	1,360	1,796	2,166	1,817	2,500
Guatemala	2,174	2,384	2,403	2,068	2,481	2,570	2,807	2,346
Uganda	4,185	3,266	3,331	2,247	2,644	1,867	1,833	2,004
Ecuador	1,296	1,064	1,310	1,824	1,377	1,903	1,625	1,750
Zaire	1,338	1,514	1,204	1,115	1,566	1,034	1,279	1,603
Costa Rica	1,292	1,524	1,442	1,288	1,342	1,517	1,786	1,509
Camerún	1,362	1,553	1,821	1,480	1,306	1,369	1,637	1,500
Perú	1,009	933	877	929	971	1,106	1,262	1,333
Madagascar	1,302	1,202	1,144	873	1,285	702	1,340	1,333
Kenia	1,261	1,244	1,171	1,225	1,699	1,356	1,232	1,300
Honduras	846	781	1,064	718	651	1,073	1,174	1,265
Venezuela	820	1,053	1,118	922	889	980	975	1,150
Nicaragua	537	683	730	794	851	981	988	920
Papúa Nva. Guinea	611	541	578	799	651	812	766	900
Tanzania	488	930	954	805	839	848	803	887
Rep. Dominicana	875	737	995	846	1,062	664	982	755
Haití	554	539	650	520	554	466	694	730
Angola	3,522	2,814	1,062	958	951	572	289	400
Otros	2,133	1,827	2,016	1,873	1,019	1,604	2,476	2,162
TOTAL MUNDIAL	<u>68,274</u>	<u>75,080</u>	<u>74,035</u>	<u>55,360</u>	<u>68,045</u>	<u>73,432</u>	<u>79,957</u>	<u>76,547</u>

(\*) Los años cafeteros corresponden a los ciclos de cada país.

(\*\*) Cifras del Instituto Mexicano del Café.

Fuente "COIC", "Quarterly Statistical Bulletin on Coffee", Nos. 4 y Preliminar 12 y 14.

Cuadro Núm. 2. PRODUCCION DE CAFE POR ESTADOS  
1979 - 1980

E S T A D O	NUMERO DE PRODUCTO-RES	SUPERFICIE HECTAREAS	PRODUCCION Sacos 60 Kg.	RENDIMIENTO sacos/ha.
CHIAPAS	32,000	139,300	1'626,083	11.67
VERACRUZ	30,700	95,000	1'045,000	11.00
OAXACA	14,000	62,500	390,250	6.24
PUEBLA	15,000	37,300	332,750	8.92
GUERRERO	5,000	25,000	160,167	6.40
HIDALGO	12,000	30,550	164,000	5.36
SAN LUIS POTOSI	9,000	18,000	109,667	6.09
NAYARIT	900	5,700	42,167	7.39
JALISCO	300	2,700	15,333	5.67
TABASCO	800	1,700	7,667	4.51
COLIMA	500	1,000	3,083	3.08
MICHOACAN	200	600	3,083	5.13
QUERETARO	100	150	750	5.00
<u>T O T A L:</u>	<u>120,500</u>	<u>419,500</u>	<u>3'900,000</u>	<u>9.29</u>

FUENTE: Inmecafé.

- El número de caficultores asciende a la cantidad de 32 mil, distribuidos de la siguiente manera \*: - 20,200 ejidatarios con 53,900 hectáreas y 11,800 pequeños propietarios con 85,400.
- En la actualidad se ocupan aproximadamente \* 13 jornales hombre para obtener un saco de café. Desarrollando todas las actividades que se enlistan en el Cuadro 3, se requerirán 29.2 millones de jornales/hombre al año.
- La Gerencia de Producción de INMECAFE (1979), estimó que el ciclo 1979/80 se cosecharon 1,626 millones de sacos de 60 kgs. Representan el 42% del total cosechado en el país. El valor de esta cosecha se estimó en 4,706 millones de pesos \*\*.

#### DESCRIPCION DE LA PROBLEMÁTICA.

La roya del cafeto causada por el hongo Hemileia vastatrix Berk et Br., es la enfermedad que más daño ha causado a la caficultura en todos los países donde se ha presentado. Causa gran merma en los rendimientos de la planta (si no se controla puede matarla) e incrementa los costos de producción, es muy difícil de erradicarla debido a su gran potencial de multiplicación y a la habilidad que tiene para diseminarse en forma diversa, efectiva y rápida (8).

---

\* Datos proporcionados por el "Programa Nacional Contra la Roya del Cafeto". Dirección General de Sanidad Vegetal.

\*\* Direc. Gral. de Economía Agrícola, estimó que para el ciclo 1979/80 el precio medio rural de un kg. de café oro sería de 48,232 pesos.

Cuadro N<sup>o</sup>m. 3. REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA PARA EXPLOTACION DE UNA HECTAREA DE CAFETAL EN PRODUCCION COMERCIAL.

L A B O R E S	JORNAL
1. 1a., 2a. y 3a. LIMPIA	30
2. 1a. y 2a. FERTILIZACION	8
3. DESOMBRE	10
4. TRASPLANTE DE CAFETOS	2
5. PODA	3
6. ARRANQUE DE CAFETOS	4
7. COMBATE DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	6
8. RECEPAR CAFETOS	2
9. RENOVAR CAFETOS	10
10. COSECHA	125
<b>T O T A L :</b>	<b>210</b>

FUENTE: Inmecafé.

En Diciembre de 1980 se detectó la roya en Guatemala, y en menos de 2 años se estableció por todo ese país. En México desde hace varios años se han estado realizando actividades para evitar su introducción y en caso contrario, para hacerle frente. De lo anterior, lo primero ha sido imposible; en junio de 1981 se reportó el primer ataque de roya en el estado de Chiapas y hoy día, marzo 25 de 1982, se han descubierto 748 focos distribuidos de la siguiente manera: 118 focos en la región Centro, en los municipios de Margaritas y Trinitaria; y 666 en el Sotunusco, en los municipios de Tapachula, Cacahoatán, Unión Juárez, Tuxtla Chico, Huehuetán, Tuzantán, Motozintla, Villal Comaltitlán, Escuintla y Huixtlan, en los que se están haciendo los máximos esfuerzos para confinar o retardar el ataque de esta enfermedad hacia las demás áreas cafetaleras. Del éxito que se obtenga dependerá en gran medida el futuro de la caficultura en el estado y la del país.

La importancia que significa la caficultura en el país y el desconocimiento del comportamiento de la Roya del café en éste, surge la necesidad de hacer un estudio de la ecología de las regiones cafetaleras y compararla con las condiciones que necesita el hongo para su multiplicación. Esto nos proporcionaría una mejor información sobre el comportamiento de la Roya, y así, poder establecer mejores estrategias para combatirla.

## MARCO GEOGRAFICO DEL ESTADO DE CHIAPAS

### LOCALIZACION:

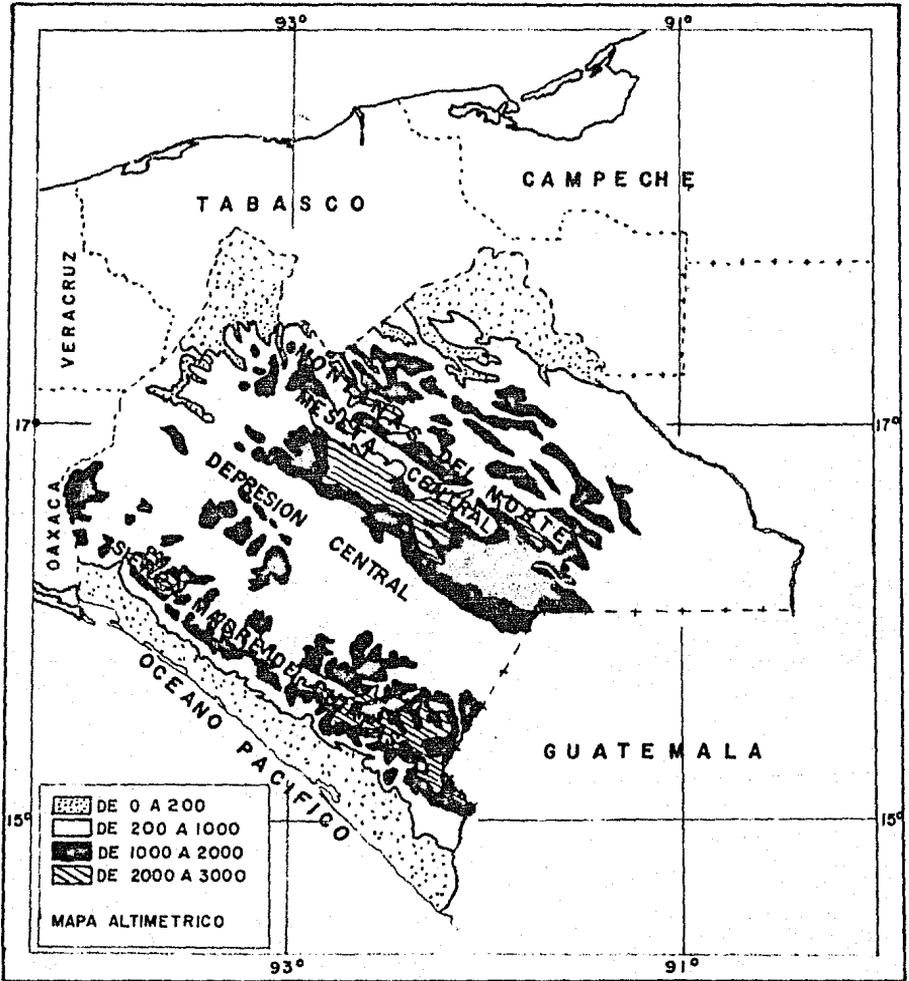
El estado está situado en la porción meridional de la República Mexicana, entre los 14°30' y 18°00' de latitud Norte y los 90°30' a 94°10' de longitud occidental - del meridiano de Greenwich (41). Tiene una superficie de 73,887 Km<sup>2</sup>, representa el 3.8% del total del país, el - - cual lo ubica por este concepto en el noveno lugar en la República (12,27).

Colinda al Norte con Tabasco, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con Guatemala y al Oeste con Veracruz y Oaxaca.

### RELIEVE:

El territorio ofrece 6 zonas características (Mapa 1):

1. Planicie costera del Pacífico. Es una franja de 20 a 30 Km. de anchura (41), se encuentra paralela a la - costa, su altitud parte desde el nivel del mar hasta la costa de 200 m (12).
2. Sierra Madre de Chiapas. Se inicia en el río Ostuta- y termina en el volcán de Tacaná (12,41). Es una ca- dena montañosa con dirección NW a SE que corre parale- la a la Planicie Costera del Pacífico (47). Las alti



FUENTE: Instituto de Geografía, UNAM.

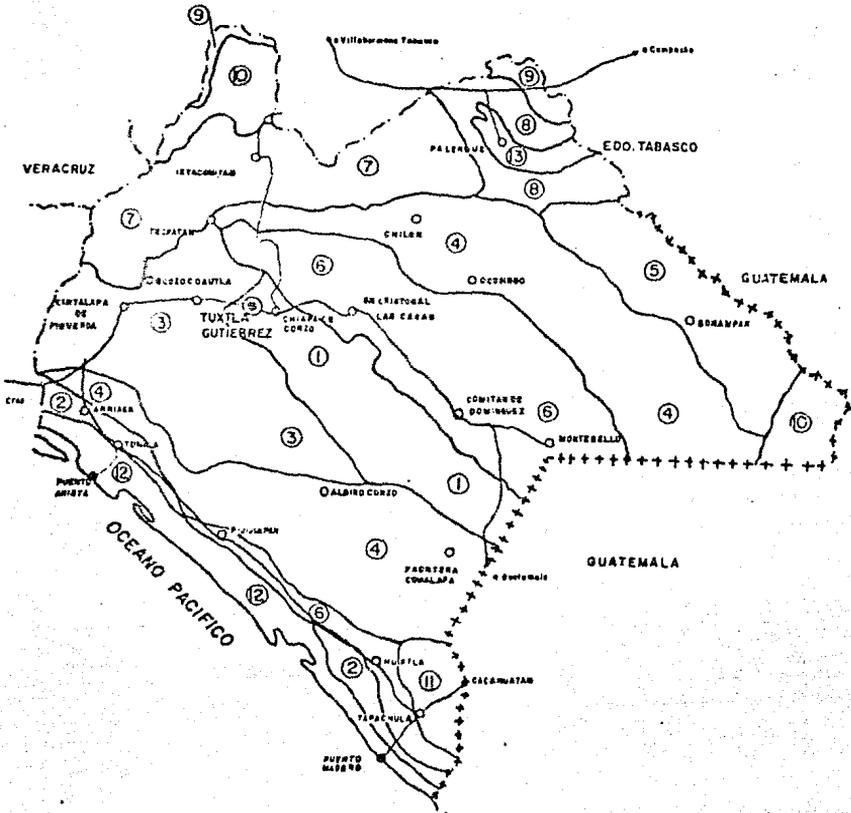
MAPA Nº 1

tudes máximas en el NW son en su mayoría de 1,500 m.s.n.m. y en el SE rebasa ésta cifra (14,47).

3. Depresión Central. Está ubicada entre la Sierra y la Meseta, es drenada por el río Grande de Chiapas o Grijalva. Su altitud oscila de 800 m en la parte más alta, a 400 m en su parte más baja (28,41).
4. Meseta Central. Se localiza al NE del estado, entre la Depresión Central y las Montañas del Norte. Este macizo montañoso presenta altitudes medias entre - - 1,500 y 2,400 m.s.n.m. (47).
5. Montañas del Norte. Parte del Istmo de Tehuantepec y atraviesa toda la parte norte del estado. Se caracteriza por tener altitudes medias entre 800 y 1,500 m. (27).
6. Planicie Costera del Golfo. Se localizan al norte - del estado, limita con el estado de Tabasco, del cual toma su nombre, su altitud oscila desde el nivel del mar hasta la cota de 200 m (21).

#### SUELOS:

Existe una gran variedad y están en íntima relación con las regiones fisiográficas y con la altitud (27); que agrupados de acuerdo con la clasificación FAO-UNESCO - - - (1970), modificada por DGGTN, se tienen 13 grupos principales (Mapa 2) (9).



## EDAFOLOGÍA

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| ① VERTISOL CROMICO  | ⑧ LUVISOL FERRICO  |
| ② VERTISOL PELICO   | ⑨ FLUVISOL EUTRICO |
| ③ CAMBISOL EUTRICO  | ⑩ ACRISOL ORTICO   |
| ④ CAMBISOL DISTRICO | ⑪ FEZEM NAPLICO    |
| ⑤ CAMBISOL CALDICO  | ⑫ GLEYSOL EUTRICO  |
| ⑥ LUVISOL CROMICO   | ⑬ RENDZINA         |
| ⑦ LUVISOL ORTICO    |                    |

Mapa elaborado por la Dirección General de Ecología Urbana y S.A.H.O.P. 15  
Pasaje Panamericano Barrios Unidos

FUENTE: Direc. Gral. de Ecología Urbana, SAHOP.

MAPA N° 2

1. Vertisol cromico \*. Se localiza en la Depresión Central y parte de la Meseta Central.
2. Vertisol pélico \*. Se encuentran en Planicie Costera del Pacífico y al sureste de la Sierra Madre de Chiapas.
3. Cambisol eútrico  $\Delta$ . Los hay en la Depresión Central, en la parte norte de la Sierra Madre de Chiapas y al sur de la Meseta Central.
4. Cambisol dítrico  $\Delta$ . En la Sierra Madre de Chiapas y en las Montañas del Norte.
5. Cambisol cálsico  $\Delta$ . Al este de las Montañas del Norte.
6. Luvisol crómico \*. En la Meseta Central, en la parte sur de las Montañas del Norte y al norte de la Planicie Costera del Pacífico.
7. Luvisol órtico \*. Se localiza al norte de las Montañas del Norte y en una parte de la planicie Costera del Golfo.
8. Luvisol férrico  $\circ$ . Cubre parte de la planicie Costera del Golfo y una pequeña porción de las Montañas del Norte.
9. Fluvisol éútrico  $\circ$ . Se encuentra al norte de la Planicie Costera del Golfo.

10. Acrisol órtico °. Los hay al este de las Montañas - del Norte y en la Planicie Costera del Golfo.
11. Faozem háptico \*. Se localiza al sureste de la Sierra Madre de Chiapas y al norte de la Planicie Costera del Pacífico.
12. Gleysol éutrico °. En la Planicie Costera del Pacífico.
13. Rendzina \*. En la Planicie Costera del Golfo.

Nota: Según DGGTN. Leyenda Edafológica. Pag. 87.

Suelos: \*Alta Productividad.

◁Mediana Productividad.

° Baja Productividad.

#### HIDROGRAFIA:

El estado cuenta con una riqueza acuífera que lo convierte en el eje principal de la política de electrificación de la República (Mapa 3). El sistema hidrológico Grijalva-Usumacinta ofrece grandes posibilidades, ya que, su capacidad de arrastre es la más importante en el país y en gran medida se aprovecha para la generación de energía (27).

El río Grijalva tiene un curso de 700 km. y conduce el segundo caudal más grande de la República (27), en Chi-



coasén se ha medido el paso de 22,700 millones de m<sup>3</sup> al año (12).

La cuenca del Grijalva ocupa una extensión de 50 mil Km<sup>2</sup> (27), de los cuales 32,360 pertenecen a México (12); - distribuido en su mayor parte en el estado de Chiapas; y ocupando algunas porciones en Tabasco, Campeche, Oaxaca y - Veracruz. Con el Usumacinta comparte las aguas en la vertiente del Golfo, uniéndose unos 25 Km., antes de que las - dos corrientes desemboquen en el Golfo de México.

El recorrido del Usumacinta es mayor que el del Grijalva, con la ventaja de que tiene 500 Km. navegables y parte de su trayectoria sirve como frontera natural entre México y Guatemala.

A los dos ríos se les unen numerosos y caudalosos afluentes. De este modo el Usumacinta acrecienta su caudal con la afluencia de varios ríos (12); considerándose como los más importantes: Jataté, Chajul, Lacantun, Tzendales, - Lacanja, Chicolja y Chacamás.

Bajo el mismo concepto el río Grijalva recibe múltiples afluentes, destacándose entre ellos (27): el río San Miguel, San Vicente, el de La Concordia, La Angostura, Santo Domingo y El Suchiapa.

Además de estas dos grandes cuencas, en la vertien -

te del Pacífico existe un grupo de corrientes muy bien distribuidas a lo largo de la Planicie Costera. Sobresalen los ríos Suchiate, Cahuacán, Coatán, Huixtla, Cintalapa, Coapa, Pijijiapan, Agua Dulce y Lagartero.

En cuanto a lagos y lagunas existe un gran número por todo el estado. Las de Montebello, se encuentran en la parte donde se inicia la Selva Lacandona, en el Municipio de Trinitaria. Otras lagunas y muchísimas formaciones de esteros se encuentran en la Planicie Costera del Pacífico.

#### CLIMA:

Podemos decir que todos los climas del estado son isotérmicos (5), por la escasa oscilación de temperaturas medias mensuales a lo largo del año (menor de 7°C); y que los meses de mayor precipitación son de Mayo a Octubre (70-90%).

El factor más importante en la distribución de los climas en el estado, es la orografía. Se consideran importantes barreras climáticas las Montañas del Norte y la Sierra Madre de Chiapas, que ocasionan notables contrastes climáticos entre los litorales y el centro de la entidad. A esto se debe que en la depresión Central se registren zonas muy cálidas o cálidas y con precipitaciones menores a las zonas del resto del estado.

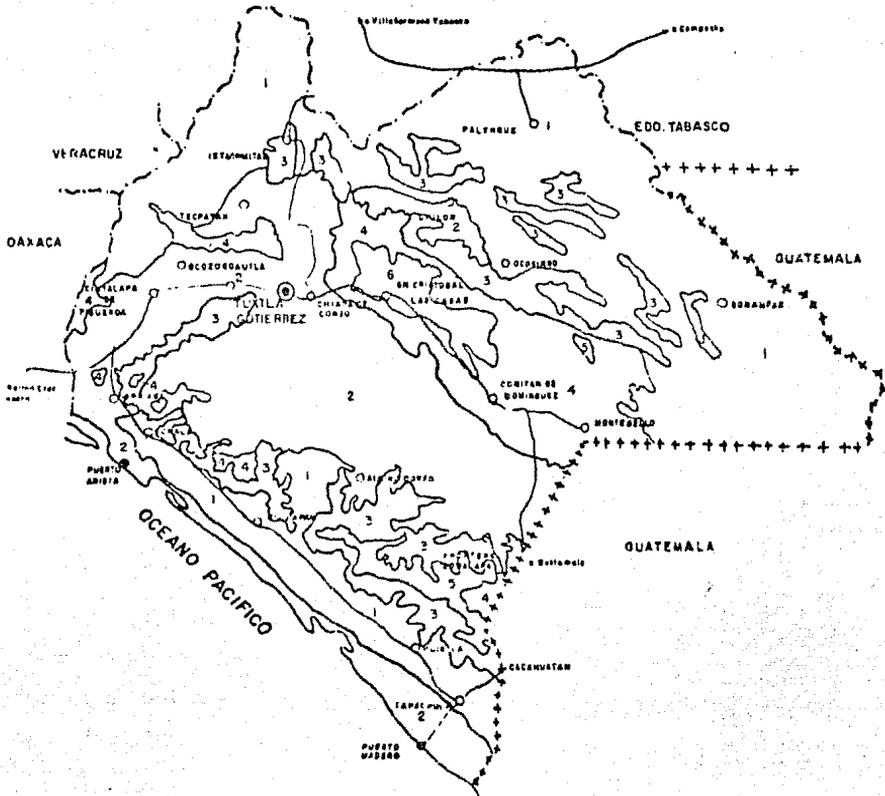
Distribución de los climas (5,9) (Mapa 4). La Planicie Costera del Golfo y parte de las Montañas del Norte tienen un clima cálido húmedo, aproximadamente hasta los 1,000 m de altitud; en donde comienzan los climas semicálidos que cubren ambas laderas de las Montañas del Norte hasta una altitud de 2,000; en que empieza la zona de las mesetas que gozan de clima templado. En la Depresión Central en altitudes menores de 1,000 m, se encuentran climas cálidos subhúmedos. En la parte NW de la Sierra Madre de Chiapas se hallan climas semicálidos subhúmedos.

En la Planicie Costera del Pacífico cerca de la costa se tiene clima cálido subhúmedo y a medida que se asciende hacia la sierra se encuentran climas cálidos húmedos, semicálidos y templados.

#### VEGETACION Y USO DEL SUELO.

##### a). VEGETACION:

De la superficie total del estado, 5.8 millones de hectáreas son consideradas como forestales (41). La superficie arbolada estimada es de 3.5 millones; de las cuales (41,47), las selvas de clima cálido-húmedo cubren un área de 2.1 millones de hectáreas y 1.4 corresponden a los bosques de clima templado-frío, que están constituidos por géneros de coníferas y latifoliadas como: Pinus, Abies, Juniperus, Cupressus, Quercus, Liquidambar, Arbutus.



**CLIMAS**

- 1 CALIDO HUMEDO
- 2 CALIDO SUBHUMEDO
- 3 SEMICALIDO HUMEDO
- 4 SEMICALIDO SUBHUMEDO
- 5 TEMPLADO HUMEDO
- 6 TEMPLADO SUBHUMEDO

Mapa elaborado por el Servicio Geografico del INEGI, 1978

FUENTE: Direc.Gral. de Ecología Urbana, SAHOP.

**MAPA Nº4**

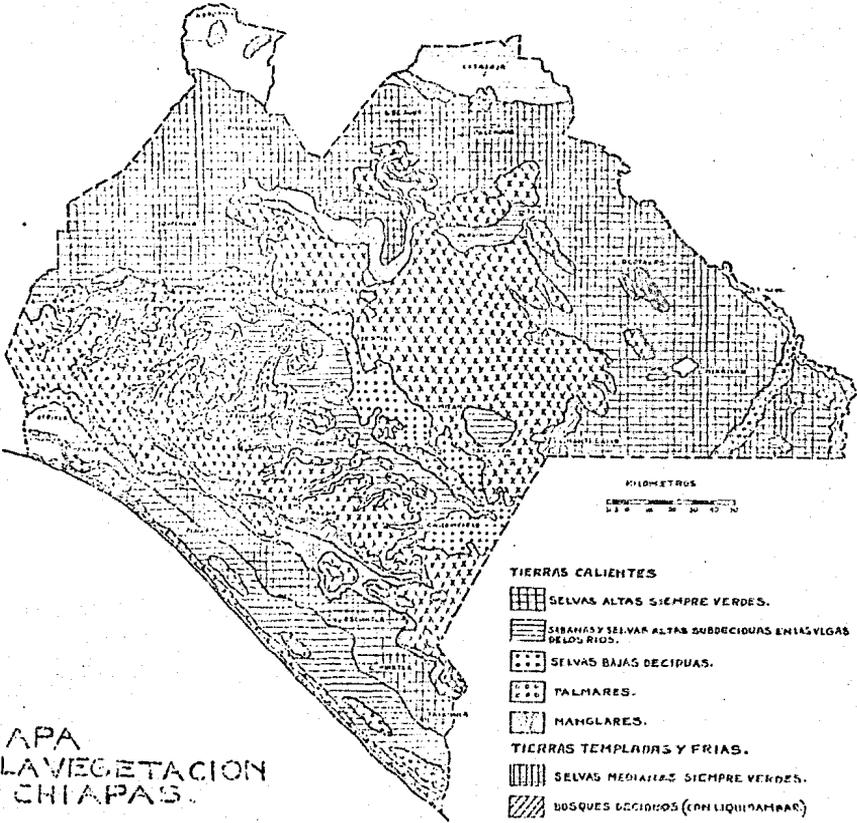
Miranda (1975), menciona que la vegetación de Chiapas coincide con la de los demás estados sureños de México con la Centroamericana y con la vegetación propia de las regiones tropicales; esto explica la abundancia, variedad y exclusividad de las especies que se encuentran en el estado. Para su estudio, agrupa los principales tipos de vegetación según pertenezcan a climas cálidos o templados y fríos (Mapa no. 5).

A). TIERRAS CALIENTES:

- 1). Selva alta perennifolia.
- 2). Selva alta subdecidua.
- 3). Selva baja decidua.
- 4). Sábana.
- 5). Palmares.
- 6). Manglares.
- 7). Selva mediana y baja perennifolia.
- 8). Bosque deciduo.
- 9). Bosque de hojas planas y duras (Encinar).
- 10). Bosque de hojas aciculares (Pinos, etc.).
- 11). Zacatonal.
- 12). Páramo de altura.

b). USO ACTUAL DEL SUELO.

Según datos obtenidos en la Dirección General de Economía Agrícola, de la Agenda Estadística de 1979, la super



MAPA  
DE LA VEGETACION  
DE CHIAPAS.

TIERRAS CALIENTES

-  SELVAS ALTAS SIEMPRE VERDES.
-  SABANAS Y SELVA ALTA SUBDECIDUAL EN LAS YLGAS DE LOS RIOS.
-  SELVAS BAJAS DECIDUAS.
-  PALMARES.
-  MANGLARES.

TIERRAS TEMPLADAS Y FRIAS.

-  SELVAS MEDIAS SIEMPRE VERDES.
-  BOSQUES DECIDUOS ((EN LIQUIAMANAS))
-  ENCINARES Y PINARES.
-  BOSQUES CON COTONERO (ABIES)
-  PINARES Y PARAMOS DE ALTURA.

MAPA N° 6

ficie de labor es de 1'801,435 hectáreas, que representan un 24.4% del área total del estado. Y la superficie total cosechada para ese año fué de 740,271 hectáreas, de esta superficie el 2.8% son áreas agrícolas de riego y el 97.2 restante de temporal. Los principales productos agrícolas del estado son: Café (en El Soconusco, Norte y Centro), cacao (Soconusco y Pichucalco), frijol, maíz, arroz, algodón, plátano, calabaza, cacahuete, caña de azúcar, tabaco, ajonjolí, jitomate, aguacate, naranja, mango, tamarindo y sandía. (Cuadro 4).

El 16.3% del Territorio está cubierto con pastos - tanto naturales como inducidos.

CUADRO No. 4. PRINCIPALES CULTIVOS Y SU SUPERFICIE EN EL ESTADO DE CHIAPAS.

CULTIVOS Y FRUTALES	S U P E R F I C I E ( H A S )		
	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL
MAIZ	3,704	433,650	437,354
CAFE	335	133,770	134,105
FRIJOL	214	44,905	45,119
ALGODON	98	33,288	33,386
CACAO	470	22,030	22,500
PLATANO	6,612	3,882	10,494
CALABAZA	-	10,000	10,000
OTROS	9,080	38,233	47,313
T O T A L:	20,513	719,758	740,271

ECOLOGIA DE LAS REGIONES CAFETALERAS  
DEL ESTADO DE CHIAPAS

ECOLOGIA DEL CAFETO:

C. arábica se encontró formando parte de la vegetación natural de las montañas de Abisinia en altitudes comprendidas entre 1,300 y 1,800 m.s.n.m. El clima imperante de dicha área se caracteriza por tener una temperatura media que oscila entre 20 y 25°C con mínimas de 4 a 5°C y máximas de 30 a 31°C y registra una precipitación pluvial de 1,500 a 1,800 mm. al año con una estación seca de 4 a 5 meses (7).

Alvin (1), en una revisión bibliográfica sobre la fisiología del cafeto, reporta lo siguiente:

- Went (1957), encontró que después de 19 a 20 meses de la germinación, la temperatura óptima para el resto del ciclo de vida de la planta es de 23°C en el día y de 17°C en la noche. Además menciona, que el desarrollo del fruto es muy lento a temperaturas de 17/12°C.
- Franco (1956), relató que una temperatura nocturna relativamente baja (alrededor de 3°C) ocasiona una clorosis foliar. Según Drummond (1956), cuando la temperatura descende a menos de 3°C por lo menos durante dos horas provoca una rotura del tallo a modo de cinturón (canela seca).

- Mes (1956), menciona que bajo una combinación de temperaturas de 30°C en el día y 22°C en la noche las yemas florales no dieron origen a flores normales.
- Franco e Inforzato (1950-1961), reportaron que en una plantación de cafetos al sol, con una distancia de siembra de 3.5 X 3.5 m. habría de transpirar el equivalente de 593 mm. de precipitación por año. Y que en una plantación similar con sombra de árboles Inga edulis a una distancia de 10.5 X 10.5 m. pierde 1,120 mm. al año por transpiración.
- Varios autores opinan que el cafeto no se comporta como una especie de sombra. Experimentos recientes indican que en regiones próximas al ecuador, donde la intensidad de la luz alcanza valores de 13,500 a 14,000 bujías-pie<sup>2</sup> durante las horas del medio día y donde usualmente el cafeto crece bajo sombra, se han obtenido mayores rendimientos cuando las plantas se dejan crecer sin sombra, siempre que se fertilice el suelo y se intensifique el control de malas hierbas.

Ortolani (23) reporta que a temperaturas medias de 34°C el cafeto sufre daños permanentes.

## ECOLOGIA DE LAS REGIONES CAFETALERAS:

### LOCALIZACION:

Geográficamente, las regiones donde se cultiva el café en el estado de Chiapas, se encuentran situadas entre los 14°50' y 17°30' de latitud norte y de los 91° a 94°10' de longitud occidental del meridiano de Greenwich.

### RELIEVE:

En la región de El Soconusco, se encuentran plantaciones de cafetos, desde los 250 m. hasta 1,400 m. de altitud, existe una franja entre los 500 y 900 m. en la que se encuentra la mayor parte de la superficie de este cultivo (20). En los lugares más próximos a la costa, la topografía es bastante plana con pendientes ligeras menores al 5% y a medida que se avanza hacia el norte hasta colindar con la Sierra Madre, el aspecto cambia a lomeríos ligeros o pronunciados, con pendientes del 25%; la Sierra Madre se caracteriza por un relieve muy accidentado con pendientes que van del 40 a más del 100% (13).

En las regiones Centro y Norte, el cultivo de cafetos se localiza principalmente entre los 600 y 900 m.s.n.m. pero se puede encontrar desde los 400 m. hasta 1,200 m. de altitud (21). En ambas regiones, las plantaciones de cafetos, se localizan principalmente en las laderas de los cerros de las Montañas del Norte y de la Meseta Central, escasean las superficies planas y abundan las plantaciones -

ubicadas en terrenos con pendientes que van de moderadas a fuertes.

#### GEOLOGIA Y SUELOS:

La región de el Soconusco está compuesta principalmente por granitos, dioritas, grano dioritas y cenizas volcánicas (9, 13); por consecuencia los suelos difieren ampliamente en su estructura, texturas y fertilidad (13).

En las regiones Centro y Norte, encontramos que la Meseta Central está constituida por rocas sedimentarias; y al Este de las Montañas del Norte por cenizas volcánicas, basaltos, riolitas y tobas principalmente (9).

De acuerdo a la clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los EE. UU. de 1949. Los suelos en que se desarrolla la caficultura del estado, son (19):

Luvisols.- Ampliamente distribuidos en los Municipios de Acacoyagua, Escuintla, Comaltitlán, Huixtla, Tuzantán, Motozintla, Villa Corzo, Villa Flores, Angel Albino - Corzo, Chicomuselo, Siltepec, Bella Vista, La Grandeza, El Porvenir, Comalapa, Bejucal de Ocampo, Amatenango de la Frontera, Ixtacomitán y Solosuchiapa. Y en menor superficie en Tapachula y Ca -

cahoatán.

**Regosols.**- Se encuentran en Ocosingo, Sitala, Chilón Yajalón, Tumbalá, Tila, Pantelhó, Chenalhó, Chalchihuitán, Simojovel, El Bosque, Jitotol, Solistahuacan, Huitiupan, Fco.-León Ocotepec, Tapalapa, Coapilla, Copainalá, Tecpatán, Pantepec, Rayón, Tapilula, Ixhvatán, Chapultenango y más escasos en Tapachula y Sabanilla.

**Rendzinas.** Muy comunes en Ocozocoautla, Berriozabal, Osumacinta, San Fernando, La Independencia, Las Margaritas, Comitán, Altamirano Ocosingo, en menor área en Tecpatán, Copainalá y al norte de Tumbalá y Tila.

**Ferralsols.**- Distribuidos en Tapachula, Sabanilla, Tila, Amatán y en menor cantidad en Cahoaatán, Ocozocuautla, Cintalapa y Tecpatán.

**Vertisols.**- Lo encontramos en Salto de Agua.

**Fluvisols.**- En Tuxtla Chico y en pequeña superficies en Cahoaatán, Pantelhó y Chalchihuitán.

NOTA: Ver las características de los suelos en el cuadro -- No. 5.

Según la clasificación FAO-UNESCO (1970), modificada por -

CUADRO No. 5 ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS EE.UU. DE --- 1949 (19).

Luvisols.-	Se caracterizan por su alto grado de meteorización, alto contenido de sesquióxidos, relativamente pobres en silicatos; porosos en todo el perfil y de horizontes no bien diferenciados.- Por lo regular de baja a muy baja fertilidad. Se encuentra bajo vegetación de bosque en climas tropicales húmedos y subhúmedos.
Rendzinas.	Se encuentra en climas húmedos sobre rocas altamente calcáreas. El horizonte A es delgado, intensamente negro, friable, de estructura gruesa o granular. Son de reacción neutra o alcalina. La textura es generalmente arcillosa, con agrietamientos.
Regosols.	Carecen de horizontes genéticamente relacionados; se forman de regolitos profundos no consolidados, tales como loess, material glacial liviano y ceniza volcánica.
Ferralsols.	Son suelos intensamente meteorizados, profundos, sin trazas de roca madre y poco o nada de limo; gran cantidad de arcilla inmóvil, poca plasticidad. Los minerales dominantes son caolinita y gibsita. El color es rojo o amarillo.
Vertisols.	Suelos negros húmicos, tienen perfiles con bastante arcilla, de textura relativamente uniforme y con signos marcados de movimiento local por contracción y dilatación. Generalmente tienen un horizonte A profundo, de color obscuro.

CONT. CUADRO Nº 5.

ro sobre un horizonte C calcáreo. Se forma a partir de materiales ricos en arcilla se presentan en regiones tropicales y subtropicales con estaciones alternas de sequía y humedad.

Fluvisols. Suelos formados de aluvión geológicamente reciente. Estos suelos carecen de horizontes -- definidos aunque la capa superficial puede -- contener algo de materia orgánica. En la mayoría de los lugares el aluvión es estratificado. Generalmente son suelos muy fértiles.

DGGTN, se encuentran los siguientes suelos (9): Cambisol -  
dítico y éutrico, Luvisol crómico y órtico, vertisol cró-  
mico y Feozem háptico. (Ver distribución en el mapa No.2 y  
características del suelo en el cuadro No. 6).

#### CLIMA:

Los terrenos dedicados al cultivo de cafetos se en-  
cuentran localizados en clima cálido húmedo y en menor su-  
perficie en clima semicálido húmedo y subhúmedo. Las re-  
giones cafetaleras del estado, se caracterizan por tener -  
una estación seca de 3 a 5 meses y otra de lluvias; aproxi-  
madamente del 70-90% de la precipitación total del año cae  
en los meses de Mayo a Octubre. La temperatura media anual  
oscila de 18° a 25°C, con máximas de 32°C y mínimas de - -  
10°C.

La baja latitud del área en estudio la coloca den-  
tro de la zona intertropical del hemisferio norte. La mar-  
cha de la temperatura anual presenta generalmente, dos má-  
ximas que corresponden al doble paso del sol por el cenit  
del lugar; el primero se presenta generalmente en el mes -  
de mayo y el segundo en agosto, este último se atenúa mu-  
cho e incluso llega a desaparecer por la influencia de la  
temporada de lluvias (5).

En cuanto al gradiente térmico, los mayores son de  
0.9°C por cada 100 m. de aumento de altitud; se localizan  
en la parte central de las laderas de las Montañas del Nor-  
te, expuestas hacia el Golfo de México. En la vertiente -

CUADRO No. 6. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS. FAO-UNESCO -  
(1970), MODIFICADA POR DGGTN.

U N I D A D	SUB'UNIDAD
<p><u>CAMBISOL</u>: Suelos jóvenes poco desarrollados, se presentan en cualquier clima, menos en zonas áridas. Puede tener cualquier tipo de vegetación. Presenta en el sub'suelo una capa que parece más suelo de roca, ya que en ella se forman terrones, además puede tener acumulación de materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, pero sin que ésta acumulación sea muy abundante. También pertenecen a esta unidad, algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.</p>	<p>Districo. Son suelos muy ácidos y pobres en nutrientes. Tiene vegetación de selva o bosque.</p> <p>Eutrico. Presenta lo indicado en la unidad. Los rendimientos que proporciona a la Agricultura van de moderados a altos, según el tipo de clima.</p>
<p><u>FEOZEM</u>: Son suelos que se encuentran desde zonas semiáridas, hasta templadas o tropicales muy lluviosas. Presenta una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Los usos que se les dan son variados, en función del clima y relieve. Suelos profundos y situados en terrenos planos se utiliza en agricultura de riego o temporal, en granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos. Otros menos profundos que se encuentran en laderas o pendientes mayores 10% tienen rendimientos más bajos y se erosionan con facilidad, pero se obtienen resulta -</p>	<p>Háplico. Tiene solo las características descritas en la unidad.</p>

CONT. CUADRO No. 6.

U N I D A D	SUB'UNIDAD
<p>dos aceptables con la ganadería.</p> <p><u>LUVISOL</u>: Se localizan en zonas templadas o tropicales lluviosas, su vegetación es de bosque o selva. El sub'suelo es rico en arcilla, son fértiles y algo ácidos. Son frecuentemente rojos o claros, aunque también presentan tonos pardos o grises, que no llegan a ser muy oscuros. Son muy susceptibles a la erosión.</p> <p>Se usa con fines agrícolas, da rendimientos moderados, en cultivos como café y algunos frutales tropicales. Si se destinan a la ganadería se obtienen buenas utilidades.</p>	<p>Crómico. Presentan colores rojos a amarillentos en el sub'suelo. Son de fertilidad moderada.</p> <p>Ortico. Su fertilidad es moderada, son de colores claros.</p>
<p><u>VERTISOL</u>. Se presentan en climas templados y cálidos, en los que hay una estación seca y otra lluviosa. De vegetación variable desde selvas bajas hasta pastizales. Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en la época de sequía. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises y cafés rojizos. Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos, con frecuencia presentan problemas de inundación y drenaje, tienen por lo general baja susceptibilidad a la erosión. Su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva.</p>	<p>Crómico. Son de color pardo a rojizo. Generalmente se han formado a partir de rocas calizas.</p>

de la Sierra Madre, hacia el Pacífico, en el extremo SE, - es de  $0.4^{\circ}\text{C}$  en el SE de la Depresión Central es de  $0.6^{\circ}\text{C}$ ; el menor gradiente encontrado es de  $0.3^{\circ}\text{C}$ ., en el extremo NW de las Montañas del Norte, hacia el Golfo de México - - (5).

La precipitación anual en las regiones cafetaleras, fluctúa de 1,200 a más de 5,000 mm. se distribuyen de la siguiente manera: Después de la estación seca a fines de abril pueden aparecer las primeras lluvias intensas y a mediados de mayo comienza a normalizarse, luego vienen los meses de mayor precipitación de junio a octubre, posteriormente van en disminución y pueden llegar a suspenderse totalmente en algunos lugares en los meses de febrero, marzo y abril.

Todos los climas del estado presentan canícula, es decir, una pequeña temporada menos húmedo que se presenta en la mitad caliente y lluviosa del año (5).

#### VEGETACION:

El café se desarrolla en lugares correspondientes a selvas altas perennifolias y en selvas bajas perennifolias, en este último caso en los límites con el bosque decíduo (28).

El cultivo del café en el estado es manejado bajo condiciones de sombra, representado por 4 tipos de sistemas:

1. Arboles de sombra plantados a expofeso, a base de In-  
gas; 2. Sombra de bosque natural; 3. Una combinación de los  
 dos anteriores; 4. Arboles de sombra combinados con fruta-  
 les.

El primero, su uso es más generalizado en la re- -  
 gión del Soconusco, normalmente en plantaciones mayores de  
 10 hectáreas y en algunos casos acostumbran asociar el ca-  
 feto con el cultivo de plátano, pero esto es temporal, los  
 platanares se eliminan cuando la planta de café haya adqui-  
 rido regular altura. En esta misma región, es común encon-  
 trar los otros tipos en plantaciones menores a 10 hectá- -  
 reas.

En las regiones Centro y Norte encontramos los 4 ti  
 pos, solo que los dos últimos son más usuales.

Lista de las principales especies vegetales que se-  
 encuentran dando sombra a los cafetos.

A). Leguminosas:

<u>Inga spuria</u>	Tzan
<u>I. edulis</u>	- -
<u>I. vera</u>	- -
<u>I. jinicuil</u>	- -
<u>I. laurina</u>	Caspirol
<u>I. radians</u>	Cuajuinicuil mache- tón
<u>I. paterno</u>	Paterno

<u>I. leptoloba</u>	Chelel
<u>Albizzia caribea</u>	Guaje blanco
<u>Enterolobium cyclocarpum</u>	Guanacastle
<u>Erithrina mexicana</u>	Zumpante
<u>E. glauca</u>	Madre blanca
<u>Gliricidia sepium</u>	Madre cacao
<u>G. maculata</u>	- -
<u>Leucaena glauca</u>	Guaje de Castilla

B). Frutales:

<u>Citrus sinensis</u>	Naranja
<u>Musa sapientum</u>	Plátano
<u>Persea americana</u>	Aguacate
<u>Annona muricata</u>	Guanabana
<u>A. reticulata</u>	Anonas
<u>A. lutescens</u>	Anonas
<u>A. squamosa</u>	Anonas
<u>A. cherimola</u>	Anonas
<u>Oecopetalum mexicanum</u>	Cacate
<u>Byrsonima crassifolia</u>	nanche
<u>Nemmea americana</u>	mamey
<u>Mangúifera indica</u>	Mango
<u>Persea schiedeana</u>	Chinine

C). Otras especies:

<u>Terminalia amazonica</u>	Volados o Cashán
<u>Belotia mexicana</u>	Capulín

<u>Trema micranta</u>	Capulín
<u>Guazuma ulmifolia</u>	Guacima
<u>Ochoroma lagopus</u>	Corcho
<u>Ceiba pentandra</u>	Ceiba
<u>Brosimum alicastrum</u>	Ramón
<u>Tabebuia pentaphylla</u>	Roble
<u>Cordia alliodora</u>	Bojón
<u>Calophyllum brasiliense</u>	Bari
<u>Sterculia mexicana</u>	Castaño
<u>Cecopria obtusifolia</u>	Guarumbo
<u>Ipomesa Wolcottiana</u>	Pájaro bobo

Entre las variedades de cafetos que destacan en el área de estudio, tenemos: bourbón, maragogype, typica, mundo novo, y caturra. En menor escala se tienen en el Soconusco progenies de typica 947; bourbón 802, 1,128, 1,162; mundo novo 3, 25, 26, 28, 443; y variedades de caturra rojo, caturra amarillo y S-12 kaffa (13).

## ROYA DEL CAFETO

### TRASFONDO HISTORICO:

La primera vez que el nombre de roya fué usado en conexión con el café, ocurrió en 1861, cuando un estudioso y observador inglés Grant, publicó su informe de un recorrido que hizo a los lugares más remotos del Africa, en el cual, mencionó que las hojas de los cafetos silvestres de la región del Lago Victoria-Nyansa estaban atacados con roya (6, 24, 43, 46). La conclusión que lo llevó a utilizar este último término es que esta enfermedad es parecida a la roya de los cereales (46).

En 1868 un caficultor de Ceylán observó en algunos cafetos que pronto había perdido sus hojas, se tomaron muestras y se le informó del daño al Dr. Thwaites quien era Director del Jardín Botánico Real en Peradeniya, Ceylán. Al año siguiente Thwaites notó que la enfermedad se había extendido rápidamente. Mientras tanto envió material de este hongo al Reverendo Miles Berkeley Br., un micólogo taxónomo de renombre, quien estaba bien versado sobre los hongos de Ceylán, lo reportó como algo bastante nuevo y en 1869 describió el hongo y designó Hemileia el género, por la forma de media luna de las esporas y nombró la especie vastatrix por la condición devastadora de la enfermedad (24, 32, 35, 46).

En aquellos días, antes de que Hemileia se presentara y mermara la producción en Ceylán, este país era el principal productor de café en el mundo. Entonces producía aproximadamente 42 millones de Kgrs. anualmente y el hongo en una década, redujo más del 75% de su producción (43), llegando así el caos de la caficultura en Ceylán en el año de 1890 en que casi toda el área cafetalera fué abandonada. Los agricultores cambiaron el cultivo del café por los cultivos de té y hule.

A partir de 1861 cuando se reportó por primera vez la roya del cafeto atacando los cafetales silvestres de la región del Lago Victoria Nyansa (Kenya), esta enfermedad se ha diseminado en el mundo de la siguiente manera (5, 15, 25).

1868	CEYLAN
1869-72	MYSORE Y EL SUR DE INDIA
1876-78	SUMATRA, JAVA Y NATAL EN AFRICA
1878-82	ISLAS FIDJI, AUSTRALIA; MAURICIO Y REUNION, AFRICA.
1886	MADAGASCAR, AFRICA
1888	TONKIN, MALAYA Y BORNEO, ASIA
1889-94	SAMOA, UGANDA, PAPUA
1903	PUERTO RICO, AMERICA
1904-04	AFRICA DEL SUR Y DEL ESTE
1910	NUEVAS HEBRIDAS Y CALEDONIA, AUSTRALIA
1912	KENYA, AFRICA

- 1916-18 AFRICA CENTRAL, INCLUYENDO RODESIA Y -  
BELGIAN; CONGO.
- 1940 MOZAMBIQUE.
- 1942 CHINA OCCIDENTAL, ASIA.
- 1946 ZANZIBAR, AFRICA.
- 1947 ISLA DE HAINAN, CHINA.
- 1951-54 CAMERUN, DAHOMEY, TOGO, COSTA DE MARFIL  
SUDAN FRANCES, FERNANDO POO.
- 1955-58 PRINCIPE, LIBERIA, SUDAMANS.
- 1962-66 GUINEA, NIGERIA, ANGOLA, SIERRA LEONA.
- 1970 BRASIL, AMERICA.
- 1972 ARGENTINA Y PARAGUAY.
- 1976 NICARAGUA.
- 1978 BOLIVIA.
- 1979 PERU Y EL SALVADOR.

Cabe aclarar, que en 1903 cuando se reportó por primera vez la roya del cafeto en América. En ese año fueron enviadas a Puerto Rico unas 100 plantas experimentales de café, algunas de ellas accidentalmente infectadas con roya, que afortunadamente antes de plantarse en el campo se detectó la enfermedad y se destruyeron todas las plantas, evitando que de momento se estableciera la roya en América (46).

#### SINTOMATOLOGIA (35,42):

La roya del cafeto causada por Hemileia vastatrix - Berk et Br. es una enfermedad típica del follaje. Sin embargo, en algunos casos se ha observado atacando frutos y ramas jóvenes (6, 31, 35, 38, 39).

El hongo se presenta generalmente en el envés de las hojas jóvenes y viejas y aún en las primeras hojas de plantitas recién germinadas (42). Los primeros síntomas aparecen como pequeñas manchitas cloróticas, translúcidas

de 1 a 3 mm. de diámetro y si se examina contra la luz pareciera deberse a aceite. Estas manchas aumentan de diámetro después de unos cuantos días y principian a mostrar en el envés de las hojas las masas de uredosporas que le dan el color que va de amarillo a anaranjado obscuro y la superficie se vuelve polvorienta, que si se toca con el dedo parte del polvo de las esporas queda pegado en él. Si hay esporulación abundante, un ligero movimiento de la hoja -- puede hacer que una nube de esporas se desprenda (24,35).

Si la enfermedad está avanzada se hace visible gradualmente en el haz foliar, como una área más amarillenta pero más pálida que en el envés, pero como no se producen esporas, su superficie no se vuelve polvorienta.

Cuando las áreas de la hoja atacada por el hongo se hacen más viejas, su centro muere, se vuelve marrón oscuro y se seca.

La formación de esporas en éstas áreas muertas cesa y con frecuencia las esporas presentes tienden a volverse blancuzcas o grisáceas y pueden en gran parte desaparecer, aún antes de que el tejido foliar se torne marrón, las esporas pueden aparecer más pálidas en la masa central de la lesión y pueden volverse hasta blancuzcas, sin tinte anaranjado.

Si desde los estados iniciales, la infección es fuerte, la superficie entera del envés de la hoja puede -

estar manchada por áreas pequeñas, amarillo-anaranjadas, - sobrepuestas de diferentes maneras. Aún cuando haya únicamente algunas infecciones, éstas pueden expanderse, si la hoja sobrevive suficiente tiempo, hasta que gran parte de la hoja muere. Cuando hay áreas grandes de la hoja infestadas por el hongo, las áreas adyacentes, no atacadas, también pueden secarse y morir, afectando con frecuencia la - hoja entera. En tales casos, poco tiempo antes de que las hojas se sequen por completo y se vuelvan color marrón y - también en las que caen por cualquier otra razón, los bordes de las lesiones comunmente se encuentran rodeados por una orilla verdosa, deslindándolas de las regiones amarillentas o marrón circundante, no atacadas.

Una sola lesión reduce mucho la vida de la hoja y - puede ocasionar la caída temprana de ésta (8, 43, 44). Como consecuencia de ésto y de la abscisión de hojas muy atacadadas, un árbol muy atacado puede perder gran parte de su follaje conduciendo a un paloteo más o menos pronunciado - de sus ramas. Este efecto depende del clima reinante en - ese momento y de la cantidad de reservas de carbohidratos del árbol.

#### DISEMINACION DEL INOCULO:

Se suele denominar inóculo a la población patógena, que se pone en contacto con la planta. Las uredosporas de la roya del cafeto, al dejar su fuente de origen para depou

sitarse en otra área de infección lo hace por medios diver  
sos.

## 1. LAS CORRIENTES DE AIRE.

Las uredosporas de Hemileia vastatrix al igual que las royas de los cereales siempre tienen este tipo de dispersión. En Brasil se han efectuado (8, 42, 43), investigaciones sobre la dirección de los vientos y la diseminación de la roya, se ha encontrado que ésta sigue el patrón de los vientos. Además, se han realizado trampeos aéreos, que revelan la existencia de uredosporas viables de roya - del cafeto a 1,000 m. de altura y a 150 km. de distancia - de una área afectada. Estos estudios indicaron una correlación positiva entre el número de esporas atrapadas y la proximidad a las áreas afectadas.

## 2. LA LLUVIA:

La lluvia juega un papel importante en el transporte de esporas a corta distancia, principalmente de hoja a hoja (6,16). Las gotas de lluvia que caen sobre las hojas infectadas, al realizarse el impacto, hay liberación de esporas además, las gotas de agua se fragmentan y se dispersan en varias direcciones. En el recorrido que hacen las pequeñas gotas pueden encontrar esporas suspendidas en el aire que se anexas a ellas y que en algunos casos llegan a

depositarse en el envés de otras hojas.

### 3. INSECTOS:

También los insectos que atacan o visitan al cafeto son capaces de transportar las uredosporas de la roya en su cuerpo constituirse así en agentes de diseminación de corta y media distancia (16, 35, 43).

En algunos estudios que se han realizado en Brasil (43,44), se han encontrado uredosporas en el cuerpo de insectos como: Drosophila spp., larvas de Chrysopa sp., hormigas del género crematogaster sp., moscas de la fruta Ceratitidis capitata y Anastrepha spp. y en larvas de Aphidioletes sp.

### 4. HOMBRE:

Parece razonable suponer que la roya, se ha diseminado igual que otras muchas enfermedades teniendo al hombre como vehículo, ya involuntariamente o por desconocimiento se traslada o transporta materiales u objetos de un lugar contaminado a otro sano.

En la actualidad las comunicaciones de transporte son tan rápidas y eficientes que facilitan la diseminación de las uredosporas a grandes distancias (8, 16, 42, 43).

BIOLOGIA:

La roya del cafeto corresponde a la clasificación -  
siguiente (6):

CLASE:	Basidiomicetos.
SUB'CLASE:	Protobasidiomicetos. *
ORDEN:	Uredinales (pucciniales).
FAMILIA:	Pucciniacea.
TRIBU:	Hemileiiae.
GENERO:	Hemileia.
ESPECIE:	vastatrix.

Hemileia vastatrix puede desarrollarse solamente en los tejidos vivos de las plantas del género Coffea, que pertenece a la familia Rubiaceae. En el ciclo biológico - del hongo se conocen 3 tipos de esporas (23): uredosporas, teliosporas y basidiosporas. Se desconoce su fase sexual.

Las uredosporas, las únicas esporas funcionales son las que infectan el cafeto y son las responsables del daño que ocasionan al cafeto. Las teliosporas son de rara ocurrencia, pero cuando están presente pueden germinar y dar origen a las basidiosporas, las que no infectan el cafeto (23,35).

---

\* También conocido como Hetero-basidiomicetos.

Las uredosporas son unicelulares, binucleadas, de estructura granular y característicamente reniformes, con la mitad verrugosa y la otra mitad lisa.

Una vez ocurrida la inoculación, si la uredospora encuentra las condiciones apropiadas, comienza a llevarse a cabo la germinación de la siguiente manera (6, 24):

La exospora (capa externa de la uredospora) se torna más delgada entre 2 y 5 puntos, la endospora aumenta de volúmen y se dirige hacia afuera por los poros germinativos, que generalmente solamente uno de éstos tubos germinativos tendrá éxito en su crecimiento y en la formación eventual de penetración (16).

El tubo germinativo, no septado, se desarrolla y crece hacia el exterior con varias ramificaciones. Eventualmente, si acaso alguna parte del tubo germinal ramificado hace contacto con un estoma, se forman dilataciones piriformes que reciben el nombre de apresorios, de donde nacen hifas de penetración que se introducen a través del estoma y se alojan en la cámara sub'estomática.

El hongo no penetra siempre en el estoma más cercano, puede desperdiciar varios durante su crecimiento, y a veces, crecer directamente sobre uno sin aparentemente hacerle caso (16).

Cumplida la penetración, todas las estructuras fungosas externas se mantienen vacías y sin más funciones - - (20).

Dentro de las hojas del cafeto, se producen masas - de filamentos micélicos que invaden las células del mesofi - lo, penetran a ella mediante ramificaciones cortas, fili - formes, que terminan en expansiones ovales o reniformes, a las que se denomina haustorios, que son los órganos de ab - sorción del hongo. El micelio queda confinado al tejido - esponjoso en las especies y variedades resistentes, pero - en las susceptibles llega al tejido de empalizada y aún a las células de la epidermis superior.

Posteriormente, el hongo produce hifas esporógenas que salen al exterior de la hoja por el mismo estoma que - penetró. En estas hifas se forman las uredosporas. En ca - da hifa hay racimos de esporas \* que se desprenden al menor movimiento formando nubes polvorientas (46). Se han encon - trado más de 400 mil esporas por pústula y hasta 70 pústu - las por hoja.

#### VIABILIDAD DE LAS ESPORAS:

Es un tema de bastante interés por las repercusio - nes que tienen en la epidemiología de la enfermedad y para fundamentar adecuadamente el sistema cuarentenario. Los - datos que se tienen varían mucho.

---

\* Harr, J.(16). Por debajo de las esporas maduras, salen - nuevas esporas empujando a las más viejas al lado o a - fuera de la superficie de la hoja.

R. W. Rayne (35), cita que Sadebeck reporta pérdidas de viabilidad a los 2 días y Ward y Burk dan períodos de 6 semanas. Investigadores del C.I.F.C. de Oeiras, Portugal (38), han observado viabilidad adecuada por 3 a 4 meses y a veces hasta más meses. Algunos estudios (8) han demostrado que el hongo es capaz de sobrevivir por 35 días en sustrato tales como arroz beneficiado o madera de pino. En Nicaragua, donde se han efectuado medidas de combate -- tan severas, el hongo es capaz de desaparecer (aparentemente) porque al año siguiente ataca de nuevo (8).

#### RAZAS FISIOLÓGICOS DE Hemileia vastatrix, Ber et Br. y SU DISTRIBUCION GEOGRÁFICA:

La descripción de razas fisiológicas corresponde a "patógenos de la misma especie, con morfología semejante o idéntica, pero que difieren en su capacidad patogénica" (2).

La Roya del cafeto, como todos los uredinales, se caracteriza por su alta variabilidad, se han descubierto 32 razas, de las cuales, 2 de ellas se perdieron (6). A esto se debe el hecho de muchas plantas de C. arábica o de otras especies de cafetos que mostraban resistencia a la roya, más tarde se volvieron susceptibles, ésta explicación fué dada por Rayne a principios de la década de 1930, cuando verificó experimentalmente la existencia de 4 razas fisiológicas de H. vastatrix con espectros de virulencia diferentes en plantas de selecciones de Coffea spp. (6, 36 - 37, 42).

14 razas tienen perfectamente bien definidos sus factores de virulencia como se puede observar en el cuadro No. 7; 9 poseen solamente algunos de sus factores determinados y en 7 de ellas se desconocen estos factores (6).

CUADRO No. 7. RAZAS FISIOLÓGICAS DE Hemileia vastatrix - - Berk et Br. Y SUS RESPECTIVOS FACTORES DE VIRULENCIA (37).

RAZA	FACTORES DE VIRULENCIA
I.	V2.5
II.	V5
III.	V1.5
VII.	V3.5
VIII.	V2.3.5.
X.	V1.4.5.
XII.	V1.2.3.5.
XIV.	V2.3.4.5.
XV.	V4.5
XVI.	V1.2.3.4.5
XVII.	V1.2.5
XIX.	V1.4
XXIII.	V1.2.4.5
XXIV.	V2.4.5.

La distribución geográfica de las razas de roya se representa en el cuadro No. 8, pudiéndose observar que la raza II es la que se encuentra más difundida (en 30 países), debido a que la mayoría de los cafetos cultivados en el mundo es susceptible a ella y aunque posee un espectro de virulencia muy reducido es la de mayor agresividad (36, 37, 39). Le sigue la raza I difundida en 17 países, la raza III en 10, la raza XV encontrada en 8 países y el -

resto de razas, con distribución menor, confinadas en la India, Tanzania y Timor.

En el Continente Americano se han encontrado hasta ahora las razas I, II, III y XV (6).

CUADRO No. 8. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS RAZAS FISIOLÓGICAS DE LA ROYA DEL CAFETO (6, 37).

RAZAS FISIOLÓGICAS	D I S T R I B U C I O N
I	Angola, Brasil, Ceylán, Congo, Etiopía, Filipinas, Papúa, Kenia, Madagascar, San Tome, Tanzania, Timor, India, Indonesia, Vietnam, Uganda y el Salvador (10).
II.	Angola, Argentina, Brasil, Cambodia, Camerún, Comores, Ceylán, Costa de Marfil, Etiopía, Filipinas, Goa, Laos, Mauricio, Madagascar, Malawi, Nicaragua, Nigeria, Papúa, Kenia, Rep. del Africa del Sur, Rep. Central Africana, Rep. de Guinea, Rodesia, Sn. Tome, Swazilandia, Tailandia, Tanzania, Timor, Uganda, India, Zambia.
III.	Angola, Brasil, Camerún, Etiopía, India, Indonesia, Sn. Tome, Tanzania, Timor y Portugés.
IV.	Rep. Central Africana y Uganda.
VI.	Cambodia, Mozambique y Tanzania (Zamzibar).
VII.	Angola y Kenia.
VIII.	India y Vietnam.

X	Filipinas.
XI	Cambodia, Madagascar y Tanzania.
XII	(India) Aislada en el C.I.F.C. del cultivo Hem. 167 (Raza VIII).
XIII	Filipinas.
XIV.	(India) Aislada en el C.I.F.C. del cultivo Hem 178 (Raza VIII).
XV.	Angola, Brasil, Ceylan, Etiopía, Indonesia, Kenia, San Tome y Timor.
XVI.	(Guinea) Aislada en el C.I.F.C. del cultivo - - Hem. 178 (Raza XIV).
XVII.	Guinea y Tanzania.
XVIII.	Sn. Tome.
XIX.	Rep. Central Africana.
XX.	Kenia y Tanzania
XXI.	Uganda.
XXII.	Timor.
XXIII.	India y Tanzania.
XXIV.	(India y Tanzania) aisladas en el C.I.F.C. del cultivo hem. 22 (Raza I).
XXV.	Timor e India.
XXVI.	Timor.
XXVII.	Angola y Rep. Central Africana
XXVIII.	India.
XXIX.	Timor.
XXX.	Timor.
XXXI.	India.
XXXII.	Uganda.

## ECOLOGIA:

Los factores ecológicos que más influyen en la vida y desarrollo de H. vastatrix son el clima y la planta, actúan antes de que penetre en el vegetal y durante el período de incubación.

### 1. CLIMA.

Dentro de los componentes del clima que influyen en el desarrollo del patógeno, tenemos:

#### A). LA TEMPERATURA:

La roya del cafeto pueden multiplicarse a temperaturas que fluctúan entre los 15° y 28°C; fuera de este intervalo, se inhibe cualquier tipo de desarrollo. Las temperaturas óptimas para el desarrollo del hongo se sitúan entre 21 y 25°C y la vida del hongo se hace tanto más difícil cuanto más se aproxima la temperatura del medio a los valores extremos.

Cuando las esporas se someten a temperaturas alrededor o ligeramente a bajo del mínimo para la germinación, al transferirlas a una temperatura más alta - el porcentaje de germinación aumenta (6, 29, 35).

## B). LA HUMEDAD.

Se ha conservado que aún sobre una superficie foliar en una atmósfera saturada las esporas de H. vastatrix no llegan a germinar. Para tal efecto es necesaria la presencia de agua líquida (29, 33, 35).

A temperaturas óptimas, la germinación de las ure-dosporas y la infección es más rápida cuando están en contacto con muy pequeñas gotas de agua. La germinación puede llegar hasta el 49% después de 3 horas de estar en contacto con las gotas de agua (42).

Nutman y Roberts (29), encontraron que esporas colocadas sobre hojas, cuando se mojan aún por un período tan corto como de 6 minutos y luego se secaron por 5 minutos y después se mojaron otra vez, el porcentaje de germinación se reducía notablemente, observándose valores hasta del 37.1 % en la reducción. El efecto no tuvo gran variación al prolongarse al tiempo en la humedad hasta de una hora y el período seco a 15 minutos.

Tal parece que la humedad relativa no influye en el desarrollo de las esporas del hongo, pero es un factor importante del clima, ya que del vapor de agua se originan todas las formas de condensación y precipitación (lluvia, Rocío, etc.), regula la rapidez de la pérdida de calor y juega un papel importante en el calentamiento y enfriamiento de la atmósfera ya que evita los cambios bruscos de temperatura (14). También en un cafetal donde haya una al

ta humedad relativa va a ocasionar que una gota de agua - que se encuentre en contacto con la superficie del envés - de una hoja del cafeto tarde más tiempo en evaporarse.

### C). LA LUZ.

Cuando las esporas están secas y todavía unidas a - las lesiones de la hoja, la exposición a la luz fuerte del sol por varias horas (aún hasta cuando la hoja se haya secado completamente) carecía de efecto apreciable sobre la capacidad para una germinación subsiguiente (35).

Las uredosporas bajo condiciones óptimas de temperagura y humedad, no germinan si se les expone a la luz intensa (42). Rayner (33) observó que la luz disminuye e inhibe el crecimiento de los tubos germinativos y confirmó - que la oscuridad estimula la germinación.

La oscuridad es necesaria para la germinación y el crecimiento de los tubos germinativos. En luz difusa, (como la que se encuentra en una plantación sombreada) las - uredosporas pueden germinar y producir nuevas infecciones tanto en el día como en la noche (15).

### D). EL VIENTO:

Es un factor muy estudiado en la diseminación del - inóculo de la roya, más no, en como influye en todo su ci-

clo biológico. El viento tiene una acción indirecta en el desarrollo del patógeno, es un factor que activa la evaporación y aumenta la sequedad y también, cuando es violento, produce un enfriamiento por circulación del aire.

#### E). LA ALTITUD.

La roya del cafeto se ha detectado desde los 100 a más de 1,800 m.s.n.m. (3, 4, 8, 32, 34). Bock demostró que a 1,830 m. de altitud, en Kenya, la roya del cafeto no era de importancia económica. Según esto, era debido al efecto de temperaturas más bajas que afectan el desarrollo de la enfermedad.

La temperatura y la cantidad de vapor de agua disminuyen al aumentar la altitud. La disminución de la temperatura no es uniforme, varía con la hora del día, la estación del año (se reduce en invierno y sube en verano) y la situación del lugar. El promedio mundial es aproximadamente de  $0.65^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m de aumento en altitudes (14).

#### 2. PLANTA:

Dentro de las especies y variedades del género Coffea, algunas son inmunes al ataque de las razas de H. vastatrix; y otras son susceptibles, pero el daño puede variar de mayor a menor grado. La causa es la resistencia.

que puede estar relacionada con la constitución genética - de la planta o del patógeno.

Se ha demostrado que la teoría de Flor (acción gen- hospedero-gen patógeno) es válida para el complejo C. arábica - H. vastatrix (6, 36, 39), es decir, que la enferme- dad solamente ocurre cuando cada gen de resistencia del - hospedero interacciona con otro gen relacionado y específi- co del patógeno.

Los factores de resistencia SH (susceptible a Hemi- leia) son encontrados aislados o en combinaciones. Se han encontrado 6 factores de genéticos de resistencia en Co- ffea, éstos son: SH, SH<sub>2</sub>, SH<sub>4</sub>, SH<sub>5</sub>, y SH<sub>6</sub>; parece ser que SH, SH<sub>2</sub>, SH<sub>4</sub>, y SH<sub>5</sub> están ligados a C. arábica, el factor SH<sub>3</sub> se encuentra únicamente en los cultivares originados - en la India y tal vez aportados por C. libérica y el fac- tor SH<sub>6</sub> únicamente se ha localizado en el híbrido de Ti- mor y en Icatú, aportado tal vez por C. Canephora (6).

Otros factores de la planta (susceptible) que in- fluyen en el desarrollo del hongo son su estado nutricio- nal, edad del cafeto.

Es lógico suponer que en una plantación vieja, con suelos pobres, está más expuesta a propiciar un medio ade- cuado al desarrollo del hongo; que una plantación menos - vieja y con suelos fértiles.

La resistencia de las hojas nuevas es mayor que la de las hojas viejas (39).

#### DAÑOS QUE OCASIONA:

El principal daño causado por la roya es la caída precóz de las hojas, como consecuencia son incapaces de sintetizar carbohidratos y otros elementos vitales, su efecto se refleja en una reducción de la productividad del cafeto.

Un efecto perjudicial directo no se puede comprobar en el primer año de ataque, pero la planta debilitada por la defoliación prematura produce menos ramas fructíferas. Después de 3 a 4 años de defoliación continua, la cosecha se ve reducida considerablemente e incluso puede ocurrir la muerte de las plantas (24, 44).

#### MEDIDAS DE CONTROL:

##### 1). CONTROL NATURAL:

Un gran número de enfermedades producidas por hongos, entre ellas la roya, ocasionan graves daños solamente bajo condiciones inadecuadas de cultivo.

Como regla general, se dice que, cualquier práctica que mejore las condiciones físicas de la planta puede

mejorar la resistencia al ataque de roya.

- a). Eliminación de malas hierbas. Las malezas en abundancia propician condiciones de temperatura y humedad favorables para el desarrollo del hongo, además dificultan el paso a los operadores al realizar el combate químico.
- b). Distancia de plantación. Una distancia adecuada entre plantas favorece al buen desarrollo de las mismas, facilita la realización de los trabajos y rompe con las condiciones adecuadas para la multiplicación de la roya. La distancia de plantación depende de la variedad, frecuencia de lluvias, luminosidad y características físicas y químicas del suelo.
- c). Podas. El objeto de la poda es eliminar ramas improductivas, proporcionando a la planta una relación armónica entre el tronco y la copa para asegurar un buen desarrollo de las ramas nuevas. Con la poda también se persigue una buena distribución de las ramas, para que tengan una adecuada iluminación y ventilación.
- d). Fertilización. La respuesta a la aplicación de fertilizantes se manifiesta por un mayor vigor en los cafetos, permite una rápida regeneración del follaje.

je y aún cuando sean más atacadas por la enfermedad, la producción es elevada.

La cantidad de fertilizantes requerida depende del sitio de la plantación, de la variedad y de la edad de las plantas.

- e). Sombra. Las cualidades de un buen árbol de sombra son: dar sombra tenue y uniforme, fácil de podar, no competir desfavorablemente con el cafeto, no debe perder muchas hojas durante la época de seca, no quebrarse con el viento y no debe hospedar plagas y/o enfermedades que afecten al cafeto.

Los árboles de sombra deben estar plantados de tal manera que no entorpezcan las actividades que se desarrollan en la plantación.

Los cafetales muy sombreados presentan condiciones ideales para el desarrollo de la roya. La regulación adecuada ayuda a disminuir en forma considerable el ataque.

- f). Variedades resistentes. Todas las variedades comerciales de café que se cultivan en México son susceptibles a la roya (23). A largo plazo, el uso de variedades resistentes es el camino más viable para

contrarrestar los daños de la roya del cafeto. En la actualidad se están distribuyendo algunos materiales como S-12 Kaffa, SL-9 y Geisha, que presentan algunas ventajas (23).

## 2). CONTROL BIOLÓGICO:

Se conocen varios hiperparásitos del hongo Hemileia vastatrix. Entre ellos destacan, Cladosporium hemileiae, Verticullum hemileiae. Este último produce un micelio - - blanco que ocasiona un colapso a las uredosporas de la roya. Verticullum hemileiae aparece bajo condiciones que normalmente no son tan favorables para la roya. En general la acción de los hiperparásitos no ha sido suficientemente investigada.

## 3). CONTROL QUÍMICO:

La roya del cafeto puede combatirse de una manera eficaz con fungicidas preventivos y curativos. Los fungicidas cúpricos son los que han dado mejor resultado en el combate de la roya, además, causan un efecto tonificante en los cafetos, que proporciona una mayor retención foliar, ésto se traduce en un incremento en la producción (43,44).

Los fungicidas de combate o preventivos actúan solamente si entran en contacto con el hongo antes de su penetración dentro del hospedero (16); impiden la germinación

de las esporas y/o el ingreso del tubo germinativo del patógeno en las aberturas del estoma (15). Con el uso de fungicidas sistémicos se puede lograr un control bastante eficiente, ya que puede actuar a la vez como curativo y de contacto y ofrecen un período más largo de protección.

Lista de fungicidas recomendados por la Dirección General de Sanidad Vegetal, para el control de la roya:

Oxicloruro de cobre dosis de	4 - 5 kg/ha.
Cupravit OB 21	4 - 5 kg/ha.
Cobre sandoz	2.5 - 3 kg/ha.
Cupravit azul	5 - 7 kg/ha.
Cupridor 88	4 - 5 kg/ha.
Daconil	4 - 5 kg/ha.
Bravo 500	2 - 3 ls/ha.
Dacobre 500	2 - 3 ls/ha.
Bayletón 25% WP	1 - 2 kg/ha.

## MATERIALES Y METODO

### MATERIALES:

1. Ecuación de Rayner.  $Y_i = 34.74 - 0.7344 X_1 - 0.7920 X_2$ .  
En la que:  $Y_i$  = período de incubación (días).  
 $X_1$  = Temperatura media máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ).  
 $X_2$  = Temperatura media mínima ( $^{\circ}\text{C}$ ).  
Las cantidades son constantes.
2. Datos de las estaciones metereológicas, que se localizan arriba de los 179 m de altitud.
  - a). Datos proporcionados por INMECAFE.
  - b). Datos que maneja el Instituto de Geografía de la U.N.A.M.
3. Proceso y computación de datos, en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados, Chapingo.

### METODO:

Para efectuar el pronóstico, se consideró el trabajo de Larios, C. (26). Este autor utiliza la metodología de análisis por simulación. Esta es una metodología aproximativa a través de la cual pueden determinarse o más bien estimarse en forma indirecta la respuesta de un fenómeno o un sistema a la acción o efectos de variables no conocidas completamente por medio de su relación con otras variables cuyo comportamiento sí es conocido. En este caso se requiere de un tercer factor, que permita zonificar con cierta confiabilidad y relacionar las variables temperaturas media, máxima

y mínima con el período de incubación de la roya. El factor que cumple con estas condiciones es la altitud.

Matemáticamente esta sucesión de aproximaciones puede indicarse por medio de las funciones siguientes:

$$Y_i = F(Z_1, Z_2) \text{-----1}$$

$$Z_1 = F_1(X) \text{-----2}$$

$$Z_2 = F_2(X) \text{-----3}$$

$$Y_i = F(f_1(X), f_2(X)) \text{--4}$$

Donde:

$Y_i$  = Período de incubación

$Z_1$  = Temperatura media máxima.

$Z_2$  = Temperatura media mínima.

$X$  = Altitud.

Es así como se determina el período de incubación en función a la altitud. Luego se procedió a obtener las dos ecuaciones de regresión, que relacionan las variables: Temperatura media máxima en función a la elevación y temperatura media mínima en función a la elevación. Para este caso se manejó por separado la información del INMECAFE y la del Instituto de Geografía de las estaciones meteorológicas del estado de Chiapas, por tener muchas discordancias.

#### 1. INMECAFE.

Los datos del INMECAFE se detallan en el Cuadro -- Núm. 9. Los resultados arrojados por la computadora fueron:

a). Para la temperatura media máxima:

Source	DF.	Sum of squares	Mean Square	F Value
Model	1	87.620715	87.620715	33.74
Error	18	46.744784	2.596932	
Correc.to- tal	19	134.365500		

PR > F	R-square	C.V.	STD. DEV.	TMM.	MEAN
0.0001	0.622107	5.1522	1.611500	29.235000	

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter = 0	PR >  t	STD error of Estimate
Intercept	33.725932	39.54	0.0001	0.852998
Alt.	-0.005527	-5.81	0.0001	0.00095

b). Para la temperatura media mínima:

Source	DF.	Sum of squares	Mean square	F value
Model	1	20.365278	20.365279	14.50
Error	18	25.282720	1.404595	
Correc. total	19	45.648000		

PR > F	R-square	C.V.	STD Dev.	TMI Mean
0.0013	0.446137	6.7569	1.185156	17,540000

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter =0	PR >  T	STD error of Estimate
Intercept	19.705101	31.41	0.0001	0.627326
Alt.	-0.002664	-3.81	0.0013	0.000699

Cuadro Núm. 9. DATOS PROPORCIONADOS POR INMECAFE DE ESTACIONES METEREOLÓGICAS QUE SE LOCALIZAN DENTRO O CERCA DE LAS REGIONES CAFETALERAS.

No.	ESTACION	TMX (°C)	ALT (m)	TMI (°C)	TMA (°C)	PPA (mm)
01	TAPACHULA	33.1	179	17.9	25.5	2322
02	Km. 10 MEDIO MONTE	31.5	190	19.2	25.4	3358
03	IMPA	31.1	425	19.4	25.3	4309
04	ROSARIO IZAPA	30.2	430	18.4	24.3	4468
05	CACAOATAN	32.5	500	19.3	25.9	4578
06	SAN JERONIMO	32.6	612	17.9	25.2	4945
07	EJ.DR. BELISARIO DGUEZ.	29.3	625	17.6	23.4	1842
08	LAS MARAVILLAS F.	30.2	650	18.4	24.5	4527
09	GPE. GRIJALVA	31.1	670	17.5	24.3	1623
10	CD. CUAUHEMOC	32.5	680	19.2	25.9	1491
11	MORELIA F.	30.4	835	18.3	24.4	2634
12	OCOSINGO	29.1	908	15.9	22.5	1288
13	PRUSIA F.	27.5	980	14.9	21.2	2424
14	LIQUIDAMBAR F.	26.3	1042	16.0	21.1	2560
15	LA PIMIENTA	25.9	1089	15.6	20.8	2479
16	SAN ANTONIO CHICHARRAS	26.7	1100	16.9	21.9	4117
17	SAN CRISTOBAL PRED.	26.1	1100	19.3	22.7	4398
18	HAMBURGO F.	24.0	1225	16.3	20.2	3251
19	EJIDO SANTO DOMINGO	28.9	1300	17.8	23.3	5016
20	UNION JUAREZ	26.3	1710	14.5	20.7	3669

NOTA: TMX = Temperatura media máxima.  
TMI = Temperatura media mínima.  
ALT = Altitud.  
TMA = Temperatura media anual.  
PPA = Precipitación anual

Correlación coefficients / Prob R under Ho:  $RHO=0$

N=20

	TMM	TMI
ALT	-0.80753	-0.66794
	0.0001	0.0013

Las ecuaciones de regresión que se obtuvieron, se encuentran graficadas en las figuras 1 y 2.

## 2. Instituto de Geografía:

Los datos se detallan en el Cuadro Núm. 10. Los resultados arrojados por la computadora, son los siguientes:

a). Para la temperatura media máxima:

Source	DF.	Sum of Squares	Mean Square	F. valve
Model	1	297.132169	297.132169	68.52
Error	45	195.132511	4.336278	
Correc.total	46	492.264680		
PR > F	R-Square	C.V.	TMM Mean	
0.0001	0.603602	6.2327	33.410638	
Parameter	Estimate	T for HO: Parameter =0	PR> T	STD error of Estimate
Intercept	37.839691	61.50	0.0001	0.615226
Alt.	-0.005980	-8.28	0.0001	0.000722

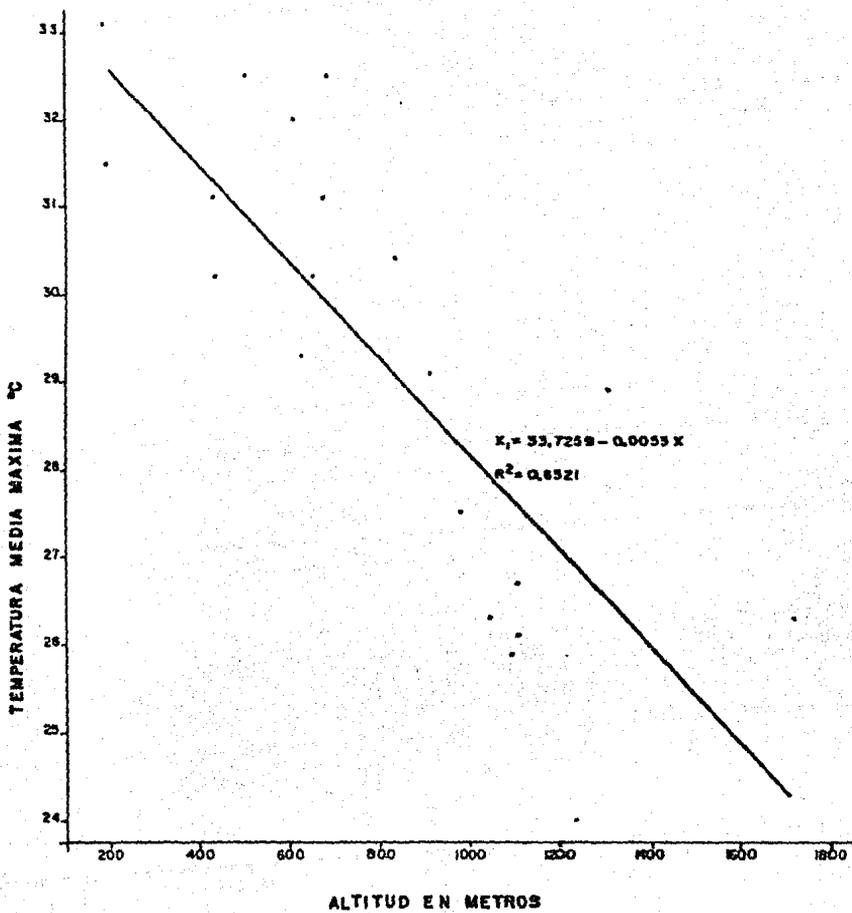


Fig.-1 TEMPERATURA MEDIA MAXIMA EN FUNCION A LA ALTITUD EN EL ESTADO DE CHIAPAS. Con datos obtenidos en el INMECAFE

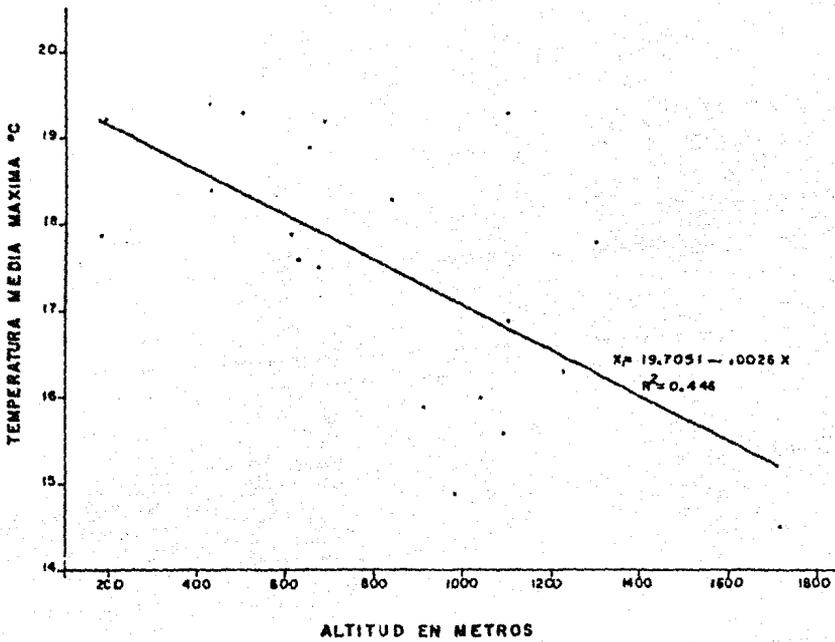


Fig. 2.- TEMPERATURA MEDIA MINIMA EN FUNCION A LA ALTITUD EN EL ESTADO DE CHIAPAS. Con datos obtenidos en el INMECAFE

Cuadro Núm. 10. DATOS PROPORCIONADOS POR EL INSTITUTO DE GEOGRAFIA DE LA UNAM DE ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL ESTADO DE CHIAPAS.

No.	E S T A C I O N	TMX (°C)	ALT (m)	IMI (°C)	TMA (°C)	PPA (mm)
01	HUEHUETAN	37.2	182	20.2	28.4	2326
02	MEDIO MONTE *	34.0	190	17.2	25.9	3526
03	AGUA AZUL	34.6	200	17.4	26.1	2840
04	GRIJALVA	39.2	211	16.7	-	901
05	SANTA MARIA	36.2	220	13.6	24.2	1783
06	SAN JOAQUIN	33.9	320	17.2	25.4	1598
07	TALISMAN	34.4	335	18.0	26.0	4380
08	CACAOATAN *	35.1	380	16.5	25.0	4751
09	PUENTE COLGANTE	36.4	397	15.3	25.8	1052
10	NUEVA ESPERANZA	34.5	436	17.2		1741
11	LA ESCALERA	36.8	436	15.2	25.9	1146
12	ARCO DE PIEDRA	36.0	450	14.2	25.4	1414
13	LA CONCORDIA	34.3	457	13.2		
14	EL BOQUERON	35.5	474	13.9	25.3	960
15	LAS FLORES	36.5	502	15.0	25.5	1037
16	SANTA ISABEL	36.8	510	14.6	25.8	1464
17	LOS VADOS	35.6	510	14.6	25.2	
18	ARGELIA	36.2	515	12.9	24.8	1111
19	TUXTLA GUTIERREZ	36.1	536	13.9	24.7	948
20	SAN PEDRO BUENAVISTA	34.6	580	14.3	24.6	1423
21	SAN PEDRO CHIAPA	35.6	599	14.5	24.7	1475
22	LA MESILLA	35.3	600	12.3	24.1	1209
23	OCOTAN	34.4	600	14.5	24.5	849
24	SAN FRANCISCO	34.3	600	11.7	23.5	1494
25	VILLA FLORES	36.5	610	14.2	25.5	1198
26	SAN JERONIMO *	32.1	612	16.2	23.8	5021
27	LAS MARAVILLAS *	32.7	660	18.1		4555
28	CHAPULTENANGO	31.4	700	13.7	21.8	4066
29	LA CHIRIPA F.	30.5	700	16.1	22.7	3928
30	SANTA CRUZ	35.5	762	16.4	25.7	2280

Nº.	E S T A C I O N	TMX	ALT	TMI	TMA	PPA
31	TZIMBAC *	35.5	762	17.1	25.3	2129
32	LA PROVIDENCIA HDA.	33.0	786	13.4	23.0	1188
33	PORTACELI	33.1	800	12.5	23.1	1267
34	PUJILTIC	35.7	823	13.2	25.0	1049
35	MORELIA F. *	34.0	900	14.4	26.3	2444
36	FRONTERA AMATENANGO *	32.2	1000	13.7	22.8	660
37	LIQUIDAMBAR *	28.3	1042	14.4	21.6	2606
38	HAMBURGO *	25.5	1225	15.4	20.3	3841
39	LAS MARGARITAS	27.7	1240	08.5	20.4	1142
40	CHICHARRAS F *	29.5	1264	15.1	22.0	4062
41	SANTO DOMINGO *	30.6	1300	15.2	23.2	5057
42	UNION JUAREZ *	27.7	1400	14.1		3882
43	LA CABAÑA	24.8	1524	03.9	14.7	1122
44	COMITAN	28.2	1530	08.4	18.2	1030
45	TAPILULA *	33.0	1542	13.7	22.6	3273
46	EL BURRERO	28.7	1556	10.5	10.9	1589
47	LA SOLEDAD *	31.2	1830	10.2		

NOTA: TMX = Temperatura media máxima.

TMI = Temperatura media mínima.

ALT = Altitud.

TMA = Temperatura media anual.

PPA = Precipitación anual.

\* Estaciones que se localizan dentro o cerca de las regiones cafetaleras.

b). Para la temperatura media mínima:

Source	DF.	Sum of squares	Man square	F valve
Model	1	144.207916	144.207901	29.83
Error	45	217.508694	4.833526	
Correc.total	46	361.716595		

PR > F	R-square	C.V.	STD dev.	TMI Mean
0.0001	0.398676	15.3652	2.1985228	14.308510

Parameter	Estimate	T for HO: parameter =0	PR >  T	SDT error of Estimate
Intercept	17.394046	26.78	0.0001	0.649575
Alt.	-0.004166	-5.46	0.0001	0.000762

Correlación coefficients / Prob R under HO:  $RHO=0/N=47$ .

	TMM	TMI
Alt	-0.77692	-0.63141
	0.0001	0.0001

Las ecuaciones de regresión, se especifican y se encuentran graficadas en las figuras 3 y 4.

El siguiente paso, consiste, en tomar las dos ecuaciones correspondientes a cada fuente y sustituirlas en la ecuación de Rayner:

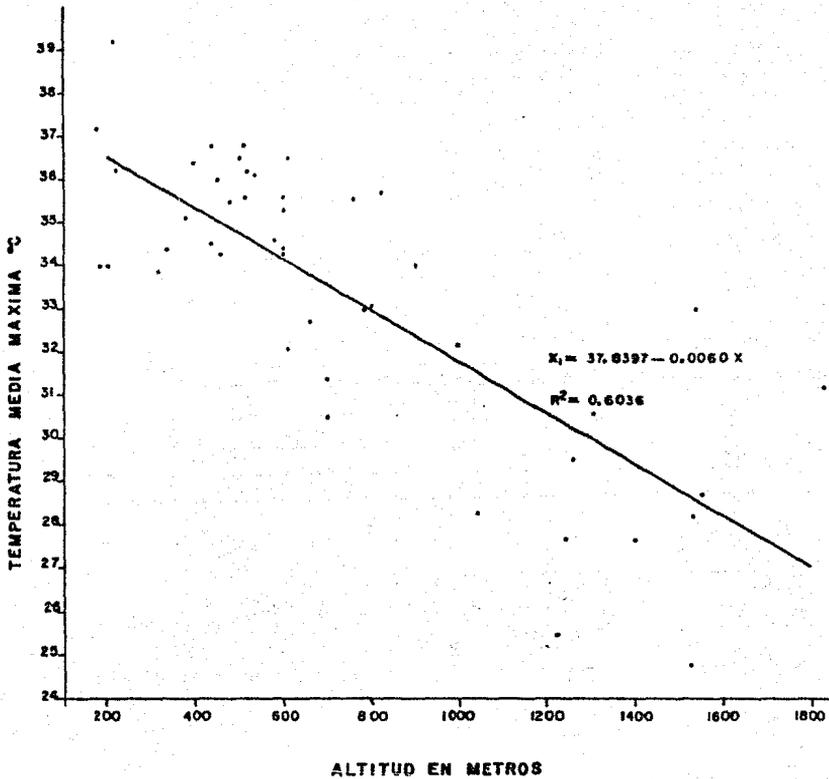


Fig.3.- TEMPERATURA MEDIA MAXIMA EN FUNCION A LA ALTITUD EN EL ESTADO DE CHIAPAS. Con datos del Instituto de Geografía

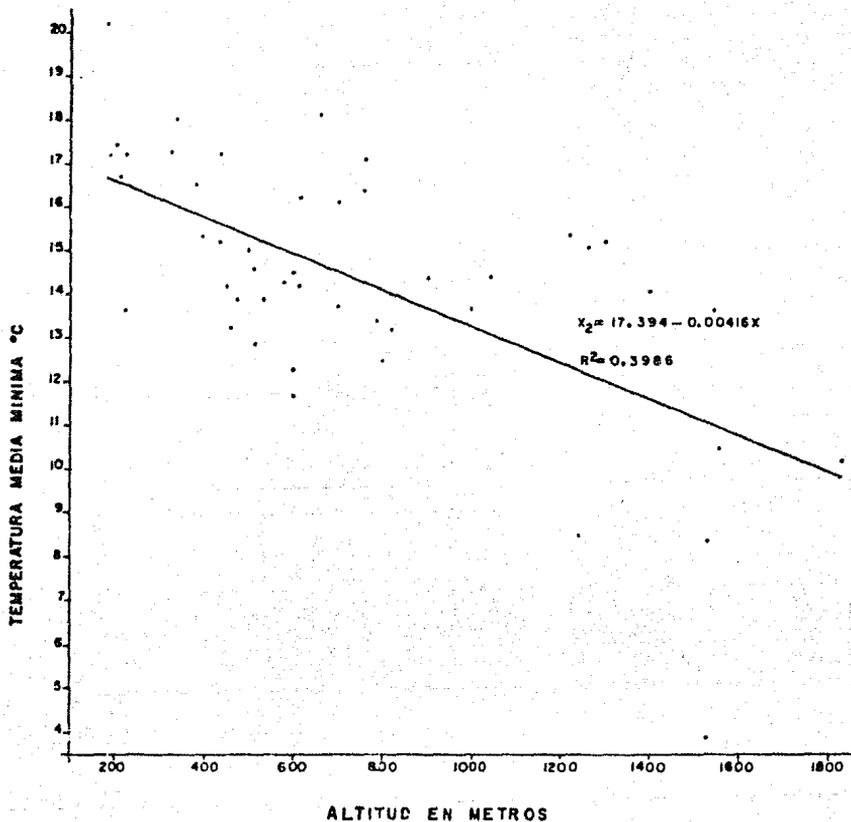


Fig.4.- TEMPERATURA MEDIA MINIMA EN FUNCION A LA ALTITUD EN EL ESTADO DE CHIAPAS. Con datos del Instituto de Geografía

$$\text{Ecuación Rayner: } Y_i = 63.47 - 0.7344 X_1 - 0.792 X_2$$

1. Ecuaciones obtenidas con los datos del INMECAFE:

$$X_1 = 33.7259 - 0.0055 X \quad \text{Donde: } X_1 = \text{Temperatura me - dia Máxima.}$$

$$X_2 = 19.7051 - 0.0026 X \quad X_2 = \text{Temperatura me - dia mínima.}$$

$$X = \text{Altitud.}$$

Al sustituir los valores de  $X_1$  y  $X_2$  en la ecuación de Rayner, nos da:

$$Y_i = 23.0944 + 0.0053 X \quad \text{Donde: } Y_i = \text{Período de incu - bación (días).}$$

$$X = \text{Altitud.}$$

2. Ecuaciones obtenidas con los datos del Instituto de Geografía:

$$X_1 = 37.8397 - 0.0060 X$$

$$X_2 = 17.3940 - 0.00416 X$$

Al hacer la sustitución en la ecuación de Rayner, - se obtuvo:

$$Y_i = 21.9046 + 0.0077 X$$

## RESULTADOS :

Al correlacionar los datos de temperatura, de ambas instituciones, en función a la altitud se obtuvieron resultados altamente significativos en sentido negativo.

Para determinar el período de incubación de la roya en base a la altitud, se puede utilizar, cualquiera de las 2 ecuaciones que a continuación se detallan: El criterio para usar una de las ecuaciones va a depender del número de estaciones meteorológicas, del valor de F, o del valor de  $R^2$ .

Es conveniente utilizar la ecuación que se obtuvo con los datos del Instituto de Geografía, por tener mayor número de estaciones y por ser más grande el valor de F.

$Y_i = 21.9046 + 0.0077 X$  ---- ecuación resultante con los datos del Instituto de Geografía.

$Y_i = 23.0944 + 0.0053 X$  ---- ecuación resultante con los datos del INMECAFE.

Las ecuaciones anteriores han sido graficadas en la figura 5.

Aunque se han incluido altitudes por abajo y por encima de los límites en que se desarrolla la caficultura en

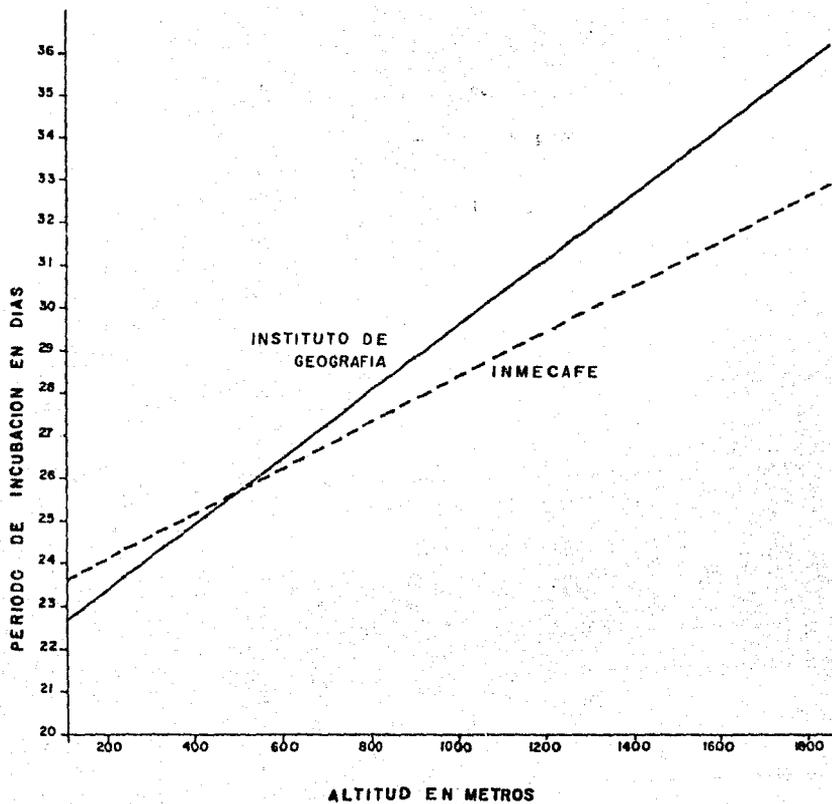


Fig. 5.- PERIODO DE INCUBACION DE LA ROYA DEL CAFETO EN FUNCION A LA ELEVACION EN EL ESTADO DE CHIAPAS

el estado, es de esperarse que los daños causados por la roya en Chiapas sean de moderados a leves, según los criterios de calificación de riesgos propuestos por Wallis, - quien reporta que con períodos de incubación menores a 20 días el ataque es severo, con períodos de 20 a 30 días el ataque es moderado y leve cuando los períodos de incubación son superiores a 30 días (26, 31).

Utilizando la ecuación que se obtuvo con los datos del Instituto de Geografía, para determinar el período de incubación de la roya en función a la altitud. Se espera que a altitudes de 250 a 500 m sean las más afectadas, ya que su período de incubación es de 24 a 26 días; la mayor superficie dedicada al cultivo del cafeto, se localiza entre altitudes que fluctúan de 500 a 900 m.s.n.m., por lo tanto, el intervalo entre la penetración del patógeno en la hoja y la aparición de las primeras uredosporas, puede variar de 26 a 29 días; y en el resto de la caficultura, - que se localiza entre 900 y 1,400 m. de altitud, se espera que los períodos de incubación oscilen entre 29 y 33 días.

## CALENDARIZACION DE APLICACION DE FUNGICIDAS

Para realizar un eficiente control de la roya del - cafeto por medio de aplicaciones con fungicidas, se considera que lo ideal es desarrollar una técnica de muestreo - adecuada para detectar las pústulas de roya en los cafe- - tos, que sea representativa de la población y fácil de lle- - varla a la práctica por los caficultores. Además habría - que determinar el umbral económico, para justificar la efi- - cacia y el costo de la aplicación del fungicida. Desarro- - llar todo ésto nos llevaría mucho trabajo y tiempo, prime- - ro en diseñar la técnica de muestreo, después difundirla a los caficultores y ver su eficacia en el uso que le den los mismos.

A manera de complemento se incluyó en este trabajo de tesis, un programa de calendarización de aplicación de fungicidas para el control de la roya, es un modelo que no está fundamentado en un modelo estadístico, o sea que es - netamente logístico. Fundamentándose principalmente en el efecto residual del fungicida, en el período de incubación del hongo y asignando una tolerancia del 10%, en base a - los anteriores elementos. Esto se puede representar por - medio de una fórmula, que quedará representada de la si - guiente manera:

$$I = ( E + P_i ) T.$$

En donde:

I = Intervalo entre una aplicación y otra (días).

E = Efecto residual del fungicida (días).

P<sub>i</sub> = Período de incubación del hongo (días).

T = Tolerancia del 10%.

Para mayor facilidad en su manejo, se representaría así:

$$I = (E + P_i) 1.10$$

Para que de esta fórmula pueda hacerse buen uso, hay que definir algunos aspectos, como:

- El efecto residual de un fungicida varía de un producto a otro. Se tomará como norma, que para los de contacto sea de 3 a 4 días y si no llueve hasta 8 días; y para los sistémicos de 10 a 12 días, si no ocurre una lluvia después de la aplicación, ya que tarda de 6 a 8 horas en penetrar al vegetal.
- El período de incubación del hongo estará dado en función a la altitud, como se vió anteriormente en el análisis por simulación (ver fig. 5).

- Generalmente la producción de epifitias concuerda con la temporada de lluvias.

Como la distribución de las lluvias a lo largo del año no es uniforme en el estado, se procedió a regionalizar con el fin de tener zonas con características similares, se obtuvieron 3 zonas:

- 1). Zona Norte.- Comprende las laderas de las Montañas del Norte y de la Meseta Central que dan hacia el Golfo; las estaciones que se localizan en esta zona son: San Joaquín, Chapultenango, Santa Cruz, Tzimac, Morelia, Tapilula, Ocosingo, Altamirano, Chenalhó, Simojovel, Salto de Agua y Sabanas.
- 2). Zona del Soconusco.- Se ubica en las laderas de la Sierra Madre que dan hacia el Pacífico y se extiende hasta la costa. En ésta zona se encuentran las siguientes estaciones: Huehuetán, Medio Monte, Talismán, Cacahoatán, Santa Isabel, San Jerónimo, Las Maravillas, La Chiripa, Hamburgo, Chicharras, Santo Domingo y Unión Juárez.
- 3). Zona Centro.- Se localiza entre las 2 zonas anteriores. Comprende las siguientes estaciones: Arge<sup>l</sup>lia, Angel Albino Corzo, Comitán, Trinitaria, Li-

quidambar, Las Margaritas, La Mesilla, Motozintla, Pujil -  
tic, San Pedro Buenavista y Rosario.

Con los datos de las estaciones, se hizo una gráfi-  
ca para representar la distribución de las lluvias en cada  
zona (ver fig. 6).

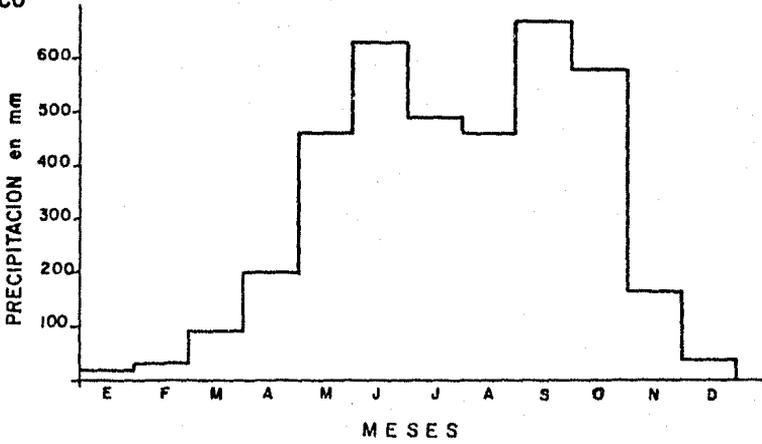
Las gráficas de la figura 6 nos da una imagen gene-  
ral y no se pueden apreciar algunos detalles como:

En las zonas de El Soconusco en las partes más pró-  
ximas a la Planicie Costera del Pacífico, las lluvias co -  
mienzan a incrementarse y a uniformizarse en el mes de ma-  
yo y comienzan a decrecer en noviembre.

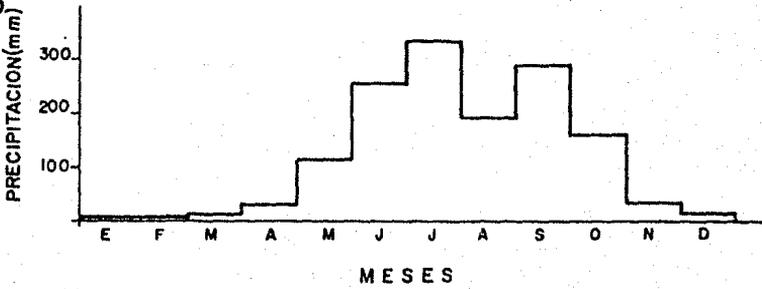
En la estación de las Margaritas en la zona del Cen-  
tro, todavía en el mes de noviembre se registran lluvias -  
fuertes y tiene una media de 112 mm.

En la zona Norte en algunos municipios, como: El -  
Sur de Tila y Tumbalá, Yajalón, Chilón Huitiupan, Simojo-  
vel, Sitalá, Ocosingo, Altamirano y otros más que se loca-  
lizan al sur de los anteriores, la precipitación mensual -  
de abril es de aproximadamente 60 mm. y en el mes de mayo  
aumenta a más de 100 mm; y comienza a disminuir en el mes  
de diciembre, teniendo como media 60 mm. En los meses -  
comprendidos entre enero y marzo la precipitación se man-  
tiene entre 28 y 50 mm. mensuales.

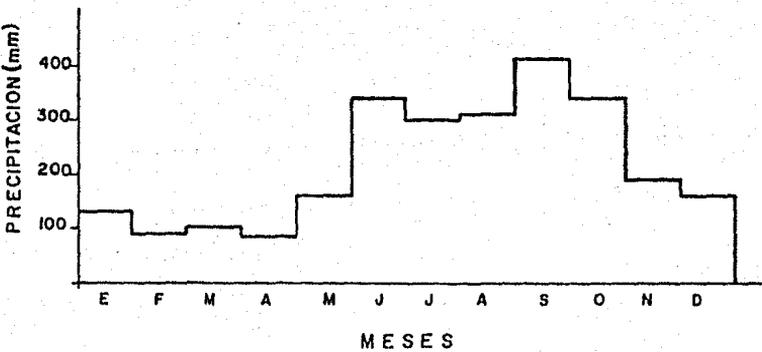
**SOCONUSCO**



**CENTRO**



**NORTE**



**Fig.6.- GRAFICAS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACION A LO LARGO DEL AÑO EN CADA ZONA CAFETALERA DEL ESTADO DE CHIAPAS.**

Puede notarse también en las gráficas el efecto de la canícula en el mes de Agosto, es decir, una pequeña temporada menos húmeda que se presenta en la mitad caliente y lluviosa del año.

Con la información vertida anteriormente, se puede dar algunas sugerencias para utilizarlas:

Ejemplo 1.- Supongamos que tenemos un cafetal en la zona de El Soconusco, en altitudes comprendidas entre 800 y 900 m. ¿Cómo programaríamos una calendarización de aplicación de fungicidas?.

1º) Observamos que el período de incubación - esperado para la roya es de 28 a 29 días en la fig. 5.

2º) Luego vemos la fig. 6 y nos indica que - las lluvias se inician en marzo, entonces la primera aplicación la daríamos con un fungicida de contacto en los primeros - - días de abril, dando lugar a que hayan - nuevas infecciones, pero sin que cause daño grave.

3º) Digamos que la primera aplicación se dió el 1º de Abril, utilizando la fórmula -

nos diría a los cuantos días deberá aplicarse - la 2ª aplicación si el efecto residual del fungicida es de 4 días.

$$I = (E + P_i) 1.10$$

$$I = (4 + 28.5) 1.10 = 35.75 = 36$$

La 2ª aplicación se dará el 7 de mayo, con un fungicida sistémico. Según la fórmula deberá darse la 3ª aplicación el 20 de junio.

$$I = (11 + 28.5) 1.10 = 43.45 = 43 \text{ días.}$$

Pero como el mes de junio es uno de los más lluviosos, no es recomendable dar otra aplicación, ya que va a haber un fuerte lavado del fungicida y de las esporas, por lo tanto, se reducirá la cantidad de inóculo.

- 4ª) La tercera aplicación será recomendable darla - en los primeros días de agosto, con una mezcla de fungicidas de contacto y sistémico. Y la -- cuarta aplicación debería de darse a mediados - de septiembre, pero sucede que en este mes también tenemos una gran cantidad de lluvias, por lo cual, no es recomendable hacer la aplicación. Por lo tanto será meritorio dar la 4ª aplica- - ción en los primeros días de noviembre con un - fungicida de contacto.

59) Posteriormente la 5ª aplicación se hará con un fungicida de contacto, a los 36 días después de haber hecho la cuarta aplicación. Después tenemos una época en que la precipitación mensual es menor a los 40 mm. en la que no es recomendable hacer otras aplicaciones.

## DISCUSION

La roya del cafeto se encuentra en Chiapas, en municipios localizados muy próximos a la frontera con Guatemala y la causa principal de que el hongo se haya introducido a nuestro país, se debe a que en Centroamérica hay un gran potencial de inóculo distribuido en sus regiones cafetaleras y que en épocas de cosecha de café existe una continua migración de centroamericanos, en su mayoría guatemaltecos, que entran como cortadores y se establecen en zonas aledañas a la frontera y traen consigo esporas del patógeno, constituyendo así, al hombre como la principal fuente de diseminación, en nuestro caso. A raíz de los problemas políticos que se han suscitado en Centroamérica, el número de inmigrantes se ha incrementado y esto aumenta la probabilidad de que aparezcan nuevos brotes de roya en Chiapas y aún en otros estados. A esto habría que unirle otros factores que van a hacer inminente el establecimiento de la roya en Chiapas, como son:

- La ecología de las regiones cafetaleras. Todas las variedades que se cultivan comercialmente son susceptibles al ataque de la roya y de que no existe ninguna zona cafetalera en la cual no puede desarrollarse H. vastatrix. Además la dificultad que presentan para su control, ya que las plantaciones no fueron establecidas previendo un ataque de una enfermedad de este tipo y que en muchas plantaciones se sigue practicando la tec

nología tradicional.

- Características del patógeno. Es de fácil multiplicación, puede diseminarse en forma diversa, presenta alto grado de dificultad para controlarse e incrementa los costos de producción, y que a muchos productores no les sería redituable un combate por los bajos rendimientos que obtienen, además existen otros que no están capacitados para el manejo del equipo necesario para combatirla.
- Vías de comunicación. Pocos son los municipios que cuentan con una buena red caminera, la mayoría de ellos tiene el inconveniente de que se encuentran retirados y en épocas de lluvia dificultan trasladarse de un lugar a otro, o bien, quedan incomunicados. Y para llegar a las plantaciones de café es mucho más difícil en muchos casos solamente se puede entrar montado a caballo.
- Asistencia Técnica. El problema de la asistencia técnica radica en que el número de técnicos es insuficiente para asesorar y capacitar a los productores y de que tienen a su cargo un gran número de congregaciones. A ésto hay que unirle, el problema del analfabetismo y el de que algunos productores no hablan español.
- Idiosincracia de los productores. Vamos a encontrar que algunos productores que se aferran a sus conocimientos tradicionales y no aceptan los nuevos adelan-

tos científicos, o simplemente le cierran las puertas a los asesores. Esto perjudicaría a las campañas que se desarrollan para el control de la roya.

Durante el desarrollo del trabajo nos dimos cuenta - que los factores que más van a influir en la vida del hongo en las regiones cafetaleras de Chiapas, son los climáticos y principalmente la temperatura.

Como la temperatura se encuentra muy relacionada con la altitud, nos permitió desarrollar la metodología de análisis por simulación, que tiene la ventaja de poder determinar con mucha aproximación el período de incubación y la severidad de la roya en cada punto donde se localice un cafetal, - conociendo únicamente en altitud. Este método puede utilizarse con datos mensuales e incluso semanales. La desventaja de éste modelo radica en que no puede generalizarse y deben establecerse las relaciones de temperatura-altitud a nivel local, porque a una misma elevación de temperatura irá - disminuyendo a medida que nos alejamos del Ecuador. Lo - - ideal de este trabajo hubiera sido de que se realizara a nivel microregiones, porque el estado tiene un relieve muy complicado, aún dentro de una misma región y ésto ocasiona que se tenga mucha variación de la temperatura de una estación a otra que se encuentra a la misma altitud.

Todo lo que hemos visto hasta ahora ha sido a nivel - muy general y todavía no entramos a ver algunos aspectos que ocurren dentro de una plantación, tales como:

- **Temperatura.** Los árboles de sombra en una plantación actúan como un abrigo, que evitan los cambios bruscos de temperatura. Si la sombra que dan es en exceso la temperatura puede variar de (+ 4°C en la noche y -4°C en el día) con la temperatura que se registraría en un lugar que estuviera desprovisto de vegetación.
  
- **Humedad.** Una alta densidad de plantas (entre cafetos árboles de sombra y malezas) ocasionan una pérdida rápida del agua del suelo y propician una atmósfera saturada, que con un poco que baje la temperatura durante la noche se condensará y habrá rocío, esto daría lugar a la germinación de las esporas, ya que es esencial el agua líquida. Además la presencia de agua líquida en el envés de las hojas durante la noche hace que los estomas no se cierran completamente y esto facilita la infección de las hojas (1).
  
- **La luz.** La luz inhibe la germinación y la formación del tubo germinativo de la roya. En una plantación con mucha sombra puede haber infección durante el día.
  
- **El viento.** Sabemos que si el aire circula a mayor velocidad provoca un enfriamiento y acelera la evaporación. Si tenemos en una plantación un alto número de árboles por hectárea la circulación del aire sería muy lenta.

- Estado nutricional de la planta. Del estado nutricional de la planta va a depender su resistencia al ataque de plagas y enfermedades y su poder de recuperación.

En base a los resultados obtenidos y a las observaciones hechas, se puede concluir que la roya ocasionará mayor problema conforme el cafeto se cultive más cerca del nivel del mar, y que los cafetales menos afectados serán aquellos que se localizan a una altitud mayor de los 1,100 m. Y para que se logre un mejor control químico es necesario que se realicen las prácticas culturales.

## B I B L I O G R A F I A

1. Abim. Paulo de T. \_\_\_. Recientes progresos en nuestros conocimientos del árbol del café; I. Fisiología. traducido del inglés por Gil Chaverri Rodríguez.
2. Allard, R.W. 1967. Principios de la mejora genética - de la planta. Edit. OMEGA. España.
3. Bock, KR. 1962. Dispersal of uredospores of *Hemileia vastatrix* under field conditions, *Trans Brit. Myc. Soc.* 45 (1): 63-74.
4. Bock, KR. 1962. Seasonal periodicity of coffee leaf - rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya Colony. *Trans Brit. Myc. Soc.* 45 (3): 289 - 300.
5. Cardoso D., Ma. D. 1979. El clima de Chiapas y Tabasco. Instituto de Geografía. UNAM. 99 P.
6. Carreón Z., M. A. 1980. Evaluación de la resistencia genética del cafeto a la roya anaranjada. INMECAFE. - México. 53 P.
7. Coste, R. 1980. El café. Edit. BRLUME. Costa Rica. - 285 P.

8. Delgado S., S. y Esquivel H., M. 1980. Elementos fundamentales para considerar una enfermedad y su patógeno de primordial importancia económica. El caso de - la roya del cafeto. Dirección General de Sanidad Vegetal. México. Folleto. 19 P.
9. Dirección General de Ecología Urbana. Ecoplán del estado de Chiapas. SAHOP. México. 225 P.
10. Durón, H. E. 1980. Situación de la roya del cafeto en la Rep. de El Salvador. O.I.R.S.A., Guatemala.
11. Enciclopedia de México. 1977. Café y cafeto. Tomo II. Edit. Enciclopedia de México, S.A. México. 123-218.
12. Enciclopedia de México. 1977. Estado de Chiapas. Tomo III. Edit. Enciclopedia de México, S.A. 295-322.
13. Fontana de la Cruz, B.J. 1981. Análisis de la problemática cafetalera en la región de El Soconusco, Chiapas; y algunas alternativas de solución. Tesis profesional. F.E.S. Cuautitlán. U.N.A.M. México.
14. García, E. 1978. Apuntes de climatología. Según el Programa vigente en las carreras de biólogos, U.N.A.M.; de la E.N.E.P. Cuautitlán U.N.A.M. y de la Universidad Autónoma Metropolitana. Inst. de Geografía, - - U.N.A.M. México 153 P.

15. González R., J. A. et. al. 1977. La roya del cafeto - y su combate en Nicaragua. Inst. Nicaragüence de Tecnología Agropec. Nicaragua. 33 P.
16. Harr, J. 1977. La bibliografía del hongo de la roya - del cafeto *Hemileia vastatrix* y aspectos de su con - trol. Basilea, SANDOZ. 26 P.
17. Helbig, C. 1964. El Soconusco y su zona cafetalera - en Chiapas. Int. de Ciencias y Artes de Chis. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
18. Hocking, D. 1968. Effects of light on germination - and infection of coffee rust (*Hemileia vastatrix*). - Trans. Brit. Myc Soc. 51 (1): 89-93.
19. INMECAFE. 1969. Atlas cafetalero de México. INMECAFE. P.P. 20-68.
20. INMECAFE. 1975. Perfil delegacional regional de Tapa - chula, Chis. INMECAFE. México. Folleto.
21. INMECAFE. 1975. Perfil delegacional regional de Tux - tla Gutiérrez, Chis. INMECAFE. México. Folleto.
22. INMECAFE. 1976. Programa contra la roya del cafeto. - INMECAFE. México, 98 P.

23. INMECAFE, 1979. Tecnología cafetalera mexicana. 30 años de investigación y experimentación. INMECAFE. México Pags. 35, 49, 167-176, 209-241.
24. INMECAFE, 1980. Guía para el manejo de plaguicidas y combate de plagas y enfermedades del cafeto. INMECAFE. México. Pags. 58-61 y 65.
25. INMECAFE. 1981. Comercialización externa del café mexicano en el ciclo 1979/80. INMECAFE. México. Folleto. 44 P.
26. Larios Cañas, J.F. 1978. Severidad esperada de la Roya del Café en las zonas cafetaleras de El Salvador. - - Agrociencia. (El Salvador) 2 (1): 31-42.
27. Martínez N. J. 1975. La economía del estado de Chiapas. colección de estudios regionales. Sistema de Bancos - de Comercio, S.A. México.
28. Miranda, F. 1975. La vegetación de Chiapas. Vol. I y II. Ediciones del Gobierno del estado. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México.
29. Nutman, F. J. and Roberts, F.M. 1963. Studies of the biology of *Hemileia vastatrix* Berk et Br. Trans. Brit. Myc. Soc. 46 (1): 27-48.

30. Ochse, J.J; et. al. 1980. Cultivo y mejoramiento de - plantas tropicales y sub'tropicales. Vol. II. Edit. - LIMUSA. México pags. 873-911.
31. Ortolani, A.A. 1981. Relaciones entre factores mete - reológicos y climáticos y la roya del cafeto. Inst. - Agronómico. Campinas - sp- Brasil. 19 P.
32. Rayner, A.W. 1960. Rust disease of coffee. 11. Spread of the disease of coffee. *World Crops* 12 (6): 222-224.
33. Rayner, R.W. 1961. Germination and penetration stu - dies on Coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.). *Ann. Appl. Biol.* 49 (3): 497-505.
34. Rayner, R.W. 1961. Spore liberation and dispersal co - ffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.). *Nature* - 191 (478): 275.
35. Rayner, R.E. 1972. Micología, historia y biología de la roya del cafeto. *Inst. Interam. de Ciencias Agrí - colas. Publicación Misc.* 94: 1-68.
36. Rodríguez Jr., C.J. 1975. Resistencia del café a las royas simposio sobre roya del café, organizado por el Comité de Fitopatología tropical de la Amer. Phyto -- path. Soc. en México. 1972. IICA. Publ. Misc.126: 52-64.

37. Rodríguez Jr. C.J.; Bettencourt, A.J.; Riojo, L. -  
1076. Razas del patógeno y resistencia a la roya del  
café. IICA. Publ, Misc. 134: 1-32.
38. Rodríguez Jr., C.J. 1978. Algunos aspectos sobre la  
roya anaranjada del cafeto. INMECAFE. México.
39. Rivera F., A. 1979. Resistencia genética del cafeto -  
a *Hemileia vastatrix*, Berk et Br. (roya anaranjada).  
INMECAFE. México. 59 P.
40. Ruíz Oronoz, M. et al. 1977. Botánica. Edit. ECLALSA.  
México. Pags. 663-665.
41. S.A.G. Sub'Secretaría Forestal y de la Fauna. 1976. -  
Inventario forestal del estado de Chiapas. Direc. - -  
Gral. de Inv. Nal. Forestal. México. Publ. 34. 82 P.y  
2 mapas.
42. Schieber, E. 1975. Observaciones comparativas de la -  
roya del café en los hemisferios oriental y occiden -  
tal. IICA. Publ. Misc. 126: 18-38.
43. Schieber, E. 1973. Impacto económico de la roya del -  
cafeto en América Latina. IICA. Publ. Misc. 106-28 P.
44. Serna M., V.M. 1981. La roya del cafeto en Brasil y -  
su control químico. INMECAFE. México. Folleto. 46 P.

45. Topete P., E. 1968. Contribución al conocimiento de -  
la enfermedad ojo de gallo del cafeto, causada por --  
*Mycena Citricolor*, (B.Curt.) saac., *Stilbum flabidum*  
(cooke) en la República Mexicana. Tesis profesional.  
Esc. Nal. de Agric.; Chapingo, México.
46. Wellman, F. L. 1975. Resumen de la difusión mundial -  
de la roya del café. IICA. Publ. Misc. 126: 9-17.
47. Zamora S., C. 1978. Contribución al estudio ecológico  
de los pinos en el estado de Chiapas. Bol. Tec. Inst.  
Nac. Invest. for. México. No. 56, 32 P.