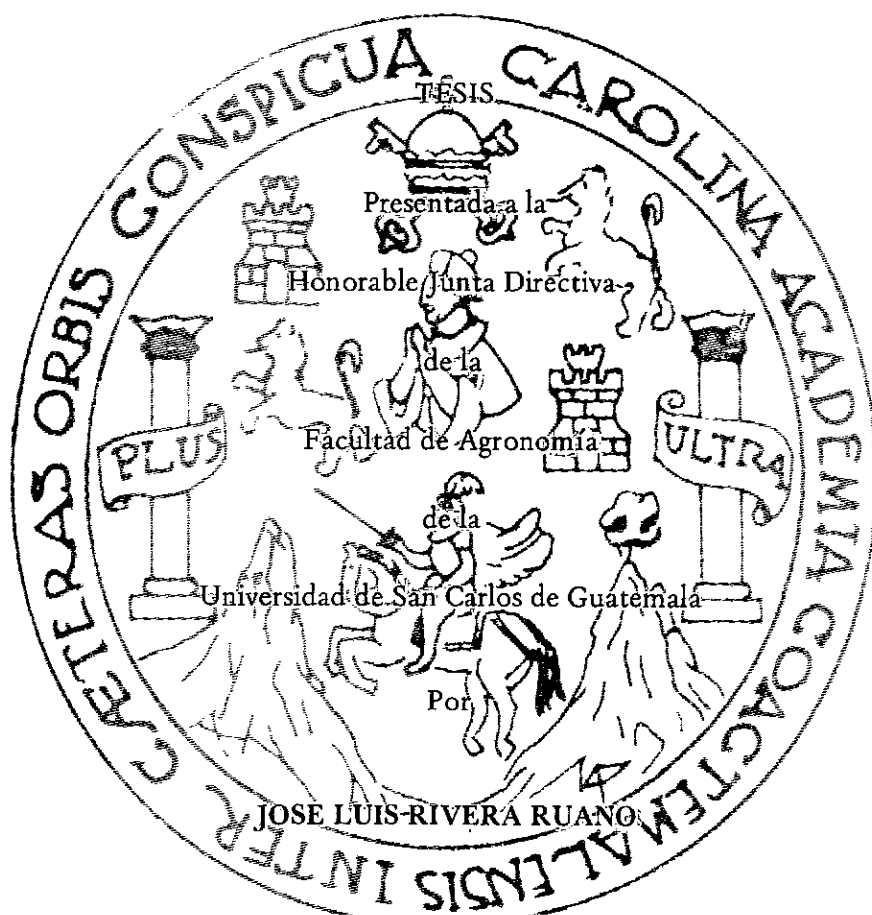


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EVALUACION DEL GRADO DE ESTABILIDAD DEL COBRE EN FORMA TOTAL Y SOLUBLE, EN EL CULTIVO DEL CAFE, BAJO CONDICIONES NORMALES DE PRECIPITACION, EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA"



En el acto de su investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el grado de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Noviembre de 1978.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

01
T(323)
c. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Saúl Osorio Paz

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

Decano

Vocal 1o.

Vocal 2o.

Vocal 3o.

Vocal 4o.

Secretario

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.

Dr. Antonio Sandoval

Ing. Agr. Sergio Mollinedo

Br. Juan Miguel Iriás

P.A. Giovani Reyes

Ing. Agr. Leonel Coronado C.

**TRIBUNAL QUE EFECTUO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

Decano

Examinador

Examinador

Examinador

Secretario

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.

Ing. Agr. Neptalí Monterroso

Ing. Agr. Armando Fletes

Ing. Agr. Sergio Mollinedo

Ing. Agr. Leonel Coronado C.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado "Evaluación del grado de estabilidad del cobre en forma soluble bajo condiciones normales de precipitación, en el municipio de Barberena".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, para su aprobación.

Deferentemente

José Luis Rivera Ruano

AGRADECIMIENTOS

A mis padres José Luis Rivera y Francisca R. de Rivera, con gratitud, respeto y admiración, por todos los sacrificios hechos en beneficio de mi superación profesional.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al Ing. Agr. M.Sc. Carlos Orlando Arjona M. por su acertada asesoría, revisión y corrección del presente trabajo de investigación.

Al señor Antonio Caravantes F. por su colaboración en la fase experimental de campo.

Al personal del laboratorio de suelos de ANACAFE, por su ayuda en la fase experimental de laboratorio.



Referencia DPA. 175/78.

Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

19 de octubre de 1978.

Sr. Decano
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Presente.

Señor Decano:

Por medio de la presente me complace comunicar a usted que en la presente fecha he concluido la revisión y corrección del trabajo de tesis del estudiante José Luis Rivera Ruano, titulado "EVALUACION DEL GRADO DE ESTABILIDAD DEL COBRE EN FORMA TOTAL Y SOLUBLE, EN EL CULTIVO DEL CAFE, BAJO CONDICIONES NORMALES DE PRECIPITACION, EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA", trabajo que me fuera encomendado por la Honorable Junta Directiva.

Me permite manifestarle que he encontrado en el desarrollo del presente trabajo un profundo contenido de inmediata utilización práctica para salvaguardar la caficultura nacional de la enfermedad conocida como Roya del Cafe, incitada por el hongo Hemileia vastatrix Berk y Br., así como la importancia que dicho trabajo tiene, por constituirse por sí mismo en uno de los primeros en esta clase de estudios, por lo que considero la conveniencia de su aprobación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para suscribirme de Ud.

Deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M.Sc. Carlos Orlando Arjona M.

COAM/rlcr.



CONTENIDO

I INTRODUCCION

II. OBJETIVOS

III. REVISION DE LITERATURA

1. Distribución e importancia
2. Descripción del hongo
3. Etiología
4. Diseminación
5. Control Químico

IV. MATERIALES Y METODOS

1. Materiales
2. Método de campo
3. Método de laboratorio

V. RESULTADOS

VI. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

VII. CONCLUSIONES

VIII. SUGERENCIAS

IX. LITERATURA CITADA

I. INTRODUCCION

El café, entre otros cultivos, es uno de los que mayores ingresos económicos aporta a Guatemala, y durante los últimos años, el incremento de éstos ha sido considerable en el mercado mundial. El estado de comercialización delpreciado grano, no ha hecho como sería deseable, que el agricultor adoptase las prácticas para la tecnificación de su cultivo, y si por el contrario, ha propiciado el aumento en la densidad de población con el propósito de incrementar al máximo, la producción por unidad de área. Sin embargo, las utilidades provenientes de éste uso intensivo de la tierra se muestran relativos, porque su práctica repercute en modificaciones del microclima, especialmente en factores como la humedad y la temperatura. Así mismo dificulta la libre circulación del aire, todo lo que propicia el desarrollo de epifítias, a la vez que entorpece el control de las mismas.

Ante la amenaza que representa para la caficultura nacional la presencia de la enfermedad conocida como "Roya o Herrumbre del Cafeto" incitada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en Nicaragua, y ante la inminencia de su llegada a nuestro país, todas las medidas que se realicen en la promoción de trabajos de investigación orientadas a la obtención de resultados prácticos y de aplicación inmediata, son de particular importancia, los trabajos que regulen el uso de productos químicos para adoptar medidas de erradicación o convivencia.

Como consecuencia de los resultados obtenidos en países como Kenya, Brasil y recientemente Nicaragua sobre el uso de productos químicos, se ha llegado a concluir, que todos los fungicidas cuyo componente activo es el ión cobre, controlan en grado variable la roya del cafeto. Sin embargo, es éstos países las condiciones ambientales, así como las técnicas de cultivo, varían considerablemente en relación a las practicadas en el nuestro. De allí que la relación entre el uso de productos, permanencia o estabilidad del fungicida y otros factores relacionados con el uso de agroquímicos sea actualmente el área de investigación que prometen dar soluciones inmediatas al control de la roya del cafeto.

II. OBJETIVOS

1. Determinar la presencia del ión cobre en forma total y soluble en plantas de café.
2. Evaluar el grado de residualidad del cobre, dependiendo del intervalo de aspersiones de productos cúpricos, en el cultivo del café.
3. Definir la residualidad del cobre con el uso de adherente.

III. REVISION DE LITERATURA

1. Distribución e importancia

La roya del cafeto, es una enfermedad incitada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. y Br., que se presenta en casi todas las zonas del mundo donde se cultiva café, constituyendo la enfermedad más peligrosa de éste cultivo.

Según Camargo (3) los graves efectos de ésta enfermedad, pueden ser apreciados rápidamente cuando se toman en cuenta las tres fases estacionarias características para su desarrollo. La primera, que ocurre cuando hay humedad relativamente baja; la segunda, cuando se presentan las primeras lluvias, en cuyo caso la intensidad del ataque va incrementándose hasta alcanzar su punto óptimo, y la tercera representa el descenso de la enfermedad, cada vez más rápido debido a que en las zonas de infección se inicia la estación seca (3).

Cuando la temperatura es limitante, el curso de la intensidad de la epifítia está determinado por tres factores: a) distribución de la intensidad de las lluvias, b) cantidad de inóculo residual existente al final del período de infección inmediatamente después de las lluvias, y c) densidad de los cafetos existentes desde el inicio de las lluvias (3).

Según Wellman, citado por Schieber (13) la planta de café (*Coffea arabica* L.) es originaria de Etiopía, así mismo se cree que la herrumbre se originó en éste país africano y en Uganda. El mismo autor indica, que el noroeste de Africa ya se le conocía por nombres locales, derivados del "Amárico", una de las lenguas más antiguas, lo que refiere la época de su presencia en la región.

Según Roger, Seddebeck y Henning, citados por Martins Chaves (9) suponen que sea originaria de Africa Central, específicamente de Nueva Celandia, actual república de Malaui.

La literatura registra que la roya del café fue detectada por primera vez en 1861, por un explorador inglés, en la región de Lago Victoria, en la costa de la provincia de Nyanza, Kenya, sobre cafetos silvestres (9).

ORDEN CRONOLOGICO EN QUE LA ENFERMEDAD HA SIDO CITADA EN VARIAS REGIONES DEL MUNDO

Año	País	Año	País
1868	Ceilán	1934	Etiopía
1869	India	1838	San Tome
1876	Samatra	1940	Mozambique
1878	Java	1942	Laos
1878	Africa del Sur (Natal)	1942	Vietnam del Sur
1879	Islas Fiji	1946	Tanzania (Zanzibar)
1880	Mauricio	1947	Hainán
1882	La Reunión	1951	Camerún
1883	Tanzania	1952	Dahomey
1886	Madagascar	1952	Togo
1888	Borneo	1953	Ghana
1888	Vietnam del Norte	1953	Sudán
1888	Malaya	1953	Costa de Marfil
1889	Somoa	1955	Liberia
1889	Filipinas	1956	Andamán
1894	Uganda	1958	Príncipe
1903	Puerto Rico	1962	Guinea
1904	Africa del Sur (Suroeste)	1962	Nigeria
1910	Nuevas Hébridas	1965	Papua
1911	Nueva Celedonia	1966	Angola
1913	Kenya	1970	Brasil
1916	Rodesia	1972	Paraguay
1918	Congo	1973	Argentina
1925	Fernando Po	1976	Nicaragua

El 17 de Enero de 1970 la enfermedad fue encontrada en Brasil, por el fitopatólogo Arnaldo Madeiros, en la finca Asunción, municipio de Aurelino Leal, Estado de Bahía (9).

De acuerdo con el Instituto Brasileño de café (GERCA), en abril de 1970 la enfermedad había sido encontrada en un área que abarcaba cerca de seis kilómetros cuadrados, comprendidos desde el Sur del Estado de Bahía (107 municipios) hasta casi la totalidad del Estado de Espírito Santo (33 municipios) y en la región Noroeste de la zona de Mata del Estado de Minas Gerais (50 municipios) (8).

El 23 de noviembre de 1976 se detectó por primera vez la roya del cafeto en Nicaragua. El hallazgo fue hecho casualmente por el Ingeniero Agrónomo Jaime Solórzano, técnico del Banco Nacional de Nicaragua. La roya fue encontrada en la finca Santa Elisa, localizada en el municipio de Jinotepe, Departamento de Carazo, a dos kilómetros de la cabecera municipal y a 45 kilómetros de Managua (6).

Es importante destacar que la detección de la roya del café tanto en Brasil como en Nicaragua, no obedeció a una acción sistemática de inspección de cafetales, sino que fue el

resultado de la observación al azar de Ingenieros Agrónomos, con conocimientos exactos de la sintomatología de la enfermedad (6).

2. Descripción del hongo

La roya del cafeto ataca sobre todo a hojas de café, esporádicamente, ha sido observada sobre frutos, en las extremidades de ramas y brotes nuevos (9).

Los primeros síntomas de la enfermedad se observan en el envez de la hoja, manifestándose con el apareamiento de pequeñas manchas de color amarillo-pálido, de 1-3 mm. de diámetro, de aspecto ligeramente aceitoso (9).

Según Rayner (11) éstas manchas aumentan el tamaño gradualmente hasta 2 cm. o más y puede coalescer con otras lesiones hasta formar una más o menos irregular que pueden abarcar gran parte de la superficie foliar.

El mismo autor indica que, cuando una lesión se toca con el dedo, parte del polvo de esporas de color amarillo-anaranjado queda pegado a él, y si la esporulación es abundante, un ligero toque de la hoja puede hacer que una nube de esporas se desprendan; igualmente agrega que cuando las áreas de la hoja atacadas por el hongo se hacen viejas, su centro muere, se vuelve color café oscuro o se secan. La formación de esporas en éstas áreas muertas cesa y con frecuencia las esporas presentes tienden a volverse blancuzcas o grisáceas, ésta necrosis es más frecuente y acentuada cuando es hiperparasitada por el hongo *Verticillium hemileiae* Bour.

Según Rayner (11) el micelio se encuentra completamente dentro del mesófilo de la hoja y está principalmente confinado a las áreas de la misma, donde los tejidos están descoloridos y cloróticos. Indica el mismo autor que el micelio consiste de hifas hialinas en abundancia, frecuentemente ramificadas en forma muy irregular. El diámetro de las hifas es bastante uniforme y oscila entre 5 y 6 micras, el micelio es más abundante en el parénquima esponjoso de la hoja, y en las especies y variedades más resistentes de café, queda confinado a ésta parte del micelio. En las variedades más susceptibles, el micelio tiende a penetrar al tejido de empalizada, creando ahustorios en las células de la epidermis superior.

3. Etiología.

Nombre del patógeno: *Hemileia vastatrix* Berk. y Br., es una especie, tipo del género *Hemileia*, creado por Berkeley para enmarcar a la roya que ataca a *Coffea arabica* L., que en 1869 fuera descrito por el Dr. Thwaites en Ceylán (9).

La posición taxonómica de *Hemileia vastatrix* es la siguiente:

Clase	Basidiomicetos
Sub-clase	Hemibasidiomicetos
Orden	Uredinales
Familia	Pucciniaceae
Género	<i>Hemileia</i>

De acuerdo con Berkeley, citado por Martins (9) los dos caracteres principales que distinguen al género *Hemileia* son:

- a) Hábito de esporulación a través de los estomas.
- b) Uredosporas reniformes, equinuladas dorsalmente y lisas ventralmente.

La presencia de las teliosporas ha sido reportada esporádicamente, sin embargo Marshall Ward, citado por Martins, descubrieron éstas, unicelulares, globosas, lisas que germinan in situ (9), así mismo Thyrumancher las reporta en sus trabajos de investigación.

4. Diseminación.

La liberación de esporas de *H. vastatrix* y su dispersión ha sido objeto de discusión, involucrándose como factores importantes el viento y la lluvia.

La rápida diseminación de la enfermedad en los países del sureste de Asia, en los que se desconocía *H. vastatrix* es un argumento que se utiliza para involucrar al viento como el agente dispersante de mayor importancia (11).

Fue Thwaites, según Thiselton Dyer (1880) citados por Rayner quien por primera vez sugirió que la roya se dispersaba por el aire. Este autor describió su distribución cuando apareció por primera vez en Ceylán, el autor consideró que ésta se debía a gérmenes diminutos que llevaban la infección por el aire. Muchos de los observadores más antiguos concordaban que la dispersión era por el aire y citaron con frecuencia la mayor incidencia de la enfermedad en cafetales expuestos, y la incidencia menor en árboles protegidos por barreras rompevientos. Se recomendó como medida preventiva la instalación de barreras rompevientos para coadyuvar al control de la enfermedad.

Ward (1881-82) citado por Rayner (11) obtuvo evidencias experimentales sobre la dispersión de esporas por el viento. Ward expuso placas de vidrio (porta-objetos) de 2,5 x 7,5 cm. recubiertos con glicerina en un número de localidades, posiciones y a distintas distancias de árboles de café. Este investigador interpretó sus resultados como una demostración de que las esporas de la roya del cafeto llevadas por el viento eran muy diseminadas, y que a mayor incidencia de la roya habida en el campo, tanto mayor sería el número de esporas atrapadas.

Nutman (1959), Nutman y Roberts (1962), Nutman, Roberts y Bock (1960) y Bock (1962) citados por Rayner, contrariamente a las investigaciones anteriores, han concluido de investigaciones extensivas bajo condiciones de laboratorio y de campo, que la dispersión por el viento es de poca o ninguna importancia en la diseminación de la enfermedad y que las salpicaduras de lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas. Concluyeron éstos autores que cualquier cantidad de esporas liberadas en el aire no se desplaza muy lejos, sino que tienden a precipitarse en la inmediación de su punto de origen, y basaron sus conclusiones, en que el agua era el vehículo principal, tanto para la liberación de esporas como para la dispersión, en el nivel tan bajo de la liberación de esporas por el viento solo, tal como lo observaron ellos, y en la facilidad con que las esporas pueden ser llevadas por el agua, a lo que quizá debería añadirse su incapacidad de pensar en cualquier otro mecanismo probable, aunque no fuera realmente expresado.

Burdekin (2) parece haber sido el primero que realmente examinó en el propio campo, gotas de lluvia, cayendo de la punta de la hoja, y con infecciones de roya; éste autor demostró que éstas gotas contenían un número elevado de esporas de roya.

5. Control químico.

Sadebeck, citado por Martins (9) en 1895 demostró por primera vez la eficiencia de fungicidas a base de cobre, utilizando caldo bordelés en el control de la roya del cafeto.

En Kenya, especialmente donde la enfermedad ha permanecido por varias décadas, ha traído como consecuencia la realización de numerosos trabajos de investigación sobre los diferentes aspectos que involucran su control, habiéndose aplicado al campo los resultados obtenidos, determinándose que el control químico debe ser considerado como una solución a corto plazo. Así mismo se ha demostrado la efectividad de los compuestos cúpricos, para lo cual se han establecido programas de control que varían de dos a cinco aplicaciones según la región.

Los fungicidas empleados para el control del *H. vastatrix* apenas penetran en los tejidos de la planta, protegiendo únicamente la superficie foliar, e impidiendo la germinación de esporas y/o el ingreso del tubo germinativo del patógeno por las aberturas estomáticas.

Es de gran importancia por lo tanto, que la superficie foliar sea convenientemente cubierta por un fungicida cúprico antes que las condiciones climáticas se tornen favorables para la diseminación del patógeno y/o para la germinación de las esporas.

Ward, citado por Rayner (11) meditó sobre las posibilidades de controlar la enfermedad mediante agentes químicos. Sus investigaciones pusieron de manifiesto que no podía compartir el optimismo de Morris, respecto a la eficacia de los espolvoramientos de azufre y cal, puesto que, contrariamente al concepto de Morris, el hongo vive fuera de la hoja un tiempo demasiado corto para que éste método tenga suficiente efecto. El autor señaló que el fungicida debería de encontrarse ya, sobre las hojas antes de que las esporas germinaran, pues solamente en el período corto entre germinación y penetración era vulnerable el hongo al ataque químico.

Narasimhaswamy citado por Echeverry y Montoya (4) dice que el empleo del caldo bordelés para el control de la roya del cafeto se inició en la India alrededor de 1917-20, después de ensayos realizados por los departamentos de Agricultura de los Estados de Mysore y Madras y por agricultores innovadores. En aquél país aunque se haya conseguido protección considerable de los cafetales con aspersiones de caldo bordelés y otro fungicida, no se logró la eliminación completa de la enfermedad, incluso con 4-5 aplicaciones por año.

Ananth, citado por Echeverry y Montoya (4) realizó ensayos sobre la época y frecuencia de aplicaciones del caldo bordelés al 0.50/o en Mysore, adoptando los siguientes resultados: a) Tres aplicaciones antes del inicio de las lluvias con intervalos de 21 días, b) Cuatro aplicaciones antes del inicio de las lluvias, con intervalos de 14 días, y c) dos aspersiones durante la estación lluviosa, con intervalos de 14 días.

En Kenya, los efectos de fungicidas a base de cobre, y los resultados obtenidos, determinaron la superioridad de éstos ante otros aprobados para el control de la roya. Rayner, por su parte demostró la acción protectora de los fungicidas a base de cobre, mediante la inhibición de la germinación de uredosporas (10 y 11).

Los científicos de Africa Occidental, encontraron que había una relación directa entre el incremento de la enfermedad y la intensidad de las lluvias, siendo esto un factor de importancia al planificar las medidas de control. Para lograr un control efectivo de la herrumbre, es opinión de éstos investigadores que la aplicación de fungicidas se haga a principios de la estación lluviosa (10 y 11).

Bock citado por Schieber (13) con sus experimentos al Oeste del Valle de Rift en Kenya, donde la roya es severa, concluyó: a) el control máximo de la roya del cafeto se obtiene asperjando previamente a la estación lluviosa, b) el espaciamiento de los tratamientos es crítico y c) la eficiencia de los fungicidas a base de cobre reduce el aumento de los intervalos entre aspersiones durante las primeras lluvias.

Rayner, citado por Schieber (13) enfatizó la importancia de la distribución de los fungicidas de cobre por salpicaduras de lluvia en las hojas superiores; encontró, que la eficacia de las aspersiones estaba relacionada con la cantidad de residuos de fungicidas dejados en la hoja.

En relación a la cantidad de producto a aplicar, varios investigadores en Africa Occidental reportaron que 7 kilogramos de fungicida de cobre/al 50o/o acre en cualquier volumen de agua, da los mejores resultados. Por su parte Ellis y Firman contraron que, para obtener un buen control de la herrumbre, debe aplicarse una aspersión a base de cobre, con un mínimo de 60 miligramos de cobre por metro cuadrado de superficie foliar (14).

Según se deduce de otros trabajos, se han probado una serie más de fungicidas, como lo demuestran los trabajos de Burdekin (1860) quien mediante la prueba de varios fungicidas encontró que las sustancias químicas cúpricas daban mejores resultados, que los fungicidas a base de Zinc, que disminuían el número de pústulas y la caída de las hojas, verificó también que el Zineb y el Ziram probaron retención del follaje, aunque con menos eficacia que los cúpricos y que éstos determinaron mayor aumento de producción. Así mismo Park y Burdekin, citados por Schieber (13) probaron en Tanzania la eficacia de los cobres, con resultados similares a los obtenidos únicamente por Burdekin.

Pruebas llevadas a cabo por el Instituto Brasileño del café en Santa Teresa, Espíritu Santo, demostraron que el Zineb, el Oxido cúprico y el Bordeaux daban los porcentajes más bajos de roya en las hojas. Actualmente se están llevando a cabo estudios comparativos entre cobres y Dithane, así como nuevos fungicidas sistémicos, bajo condiciones de invernadero, laboratorio y campo, en el Brasil (7 y 8).

En éste sentido, uno de los trabajos más completos son los que ha realizado Bock, citado por Echeverry y Montoya (4) al realizar varios ensayos comparativos con 25 fungicidas. Este investigador constató, que los cúpricos resultan ser superiores a los otros, para el control de la roya. El autor afirma que el cobre actúa provocando una drástica reducción de la cantidad de inóculo residual, además de conferir protección a la planta tratada por períodos relativamente cortos.

Finalmente Camargo (3) dice que los únicos fungicidas recomendados en éstos momentos para el control de la roya, son los cúpricos (Oxido cúprico, Oxiclورو de cobre e Hidróxido de cobre), las cantidades de fungicidas cúpricos que serán aplicados por hectárea dependerán, del área foliar, el aspecto vegetativo y la altura de las plantas, de ésta manera, cantidades menores de fungicida serán aplicados por hectárea, para cafetos de mayor tamaño.

En relación al intervalo entre aplicaciones, según lo reporta Camargo (3), cuando éste es adecuado, transcurrirá un período considerable antes que el patógeno logre un potencial de inóculo necesario para provocar la aparición de la enfermedad.

En Kenya se ha establecido que cuando los productos químicos no han sido aplicados tres semanas antes del inicio de las lluvias, no se logra un control satisfactorio de la roya. La

razón de usar fungicidas antes de las lluvias, se relaciona con el hecho de que el patógeno requiere de un determinado grado de humedad en la superficie foliar para causar infección, y con la aplicación de los fungicidas se busca imposibilitar el desarrollo de las estructuras fructíferas del hongo (4 y 5).

Según Penn, (10) el cobre que es un constituyente de los fungicidas recomendados, previene la germinación de las esporas, pero pierde acción dentro de los 21 días siguientes de su aspersión.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

IV. MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

1. Plantas de café
2. Fungicidas a base de cobre
 - 2.1 Oxido cuproso
 - 2.2 Oxicloruro de cobre
 - 2.3 Hidróxido de cobre
3. Adherente
4. Cordel
5. Etiquetas
6. Cubetas
7. Bomba de mochila con boquilla cónica
8. Erlenmeyers de 125 ml.
9. Beakers de 150 ml.
10. Pizetas
11. Espectrofotómetro de absorción atómica

METODO DE CAMPO

El trabajo de investigación de campo se realizó en la finca "El Colorado II", localizada en el municipio de Barberena del departamento de Santa Rosa. La finca se encuentra a 1,350 msnm. con una temperatura y precipitación promedio (*) de 21.48°C y de 760 mm. respectivamente. Se caracteriza la zona, por sus variaciones climáticas, las cuales van de extremadamente secas durante los meses de noviembre a abril (68.5 mm. de precipitación) a muy húmedas durante los meses de mayo a noviembre (708.5 mm. de precipitación).

La plantación mostró una mezcla de variedades como la Bourbon y Caturra, ambas pertenecientes al grupo Arabica, sembradas al treebolillo (**) y a una distancia variable entre 1,5 a 2,000 mts.

Las prácticas culturales observadas pueden resumirse, en dos limpias al año, y dos fertilizaciones, las que se hacen; una antes del inicio de las lluvias y la otra, cuando se establece completamente el período lluvioso, aplicando una mezcla de dos quintales de un fertilizante completo (15-15-15) por uno de Urea. Así mismo, pudo establecerse que con anterioridad al inicio del presente trabajo, se realizó un programa de fumigaciones a base de Arseniato de plomo, aplicándolo a intervalos de un año. Sin embargo últimamente han sido eliminadas las aspersiones de fungicidas, por considerar el agricultor que el aclareo o raleo de sombra disminuiría la incidencia de enfermedades endémicas en la región, como el Ojo de gallo (*Mycena citricolor* Sacc.) y Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cooke).

El trazo de las parcelas se hizo de tal forma, que cada una de ellas contuvo tres árboles en hilera, limitadas lateral y frontalmente por parcelas iguales, sin tratar, las que funcionarían como barreras y evitarían el posible traslape de tratamientos.

El diseño empleado fue el de Bloques al Azar y dentro de éste se establecieron 24 parcelas de acuerdo a los siguientes tratamientos: Tres productos con y sin adherente, cada uno de ellos repetido cuatro veces.

(*) Promedio siete años.

(**) Llamándosele triángulo en el lugar.

Los productos se asperjaron con bomba de mochila de cuatro galones, empleándose para el efecto una boquilla cónica, siguiéndose las recomendaciones comerciales. El Oxido cuproso y Oxicloruro de cobre se aplicaron 5 Kg/Ha. de producto al 50o/o, el Hidróxido de cobre 7 Kg/ha. de producto al 35o/o y el adherente se aplicó en dosis de 25 ml. por bomba. (*)

Dependiendo de los resultados obtenidos por diferentes investigadores (10), el cobre tiene una permanencia de 21 días en forma activa, por ésta razón el primer muestreo se realizó a los 20 días de la aplicación general y los siguientes a los 30, 35 y 40 días.

Para tomar las muestras en la planta, ésta se dividió en tres estratos, alto, medio y bajo. De cada estrato, se tomaron cuatro hojas al azar, orientada cada una a los puntos cardinales, haciendo un total de 12 hojas por planta. Las hojas, se introdujeron en bolsas de polietileno y fueron identificadas de acuerdo al tratamiento y estrato correspondiente. En seguida se llevaron al laboratorio, para su análisis respectivo.

METODO DE LABORATORIO

Las muestras llevadas al laboratorio se procesaron para la extracción del cobre total y disponible, presente en cada una de ellas, haciendo un lavado de las hojas con técnicas específicas para cada caso. Así, para la obtención del cobre total se lavó cada una de las hojas con una solución de ácido clorhídrico al 10o/o, empleándose un volumen de 100 ml. de la solución para efectuar el lavado. (**)

La solución se aplicó a las hojas mediante el uso de una pizeta, y el producto se recibió en un beaker de 150 ml., luego se transfirió el contenido a un erlenmeyer de 125 ml.

El cobre disponible se extrajo, lavando cada una de las hojas con 100 ml. de agua destilada, por medio de una pizeta. El cobre en solución se recibió en un beaker de 150 ml. y luego se transfirió el contenido a un erlenmeyer de 125 ml. (***)

La determinación de la cantidad de cobre presente en cada una de las muestras y para cada caso, se detectó con el uso de un Espectrofotómetro de absorción atómica, mediante el porcentaje de absorvancia específico, la conversión del porcentaje de absorvancia emitido para cada caso fue transformado directamente a valores reales de mg/m^2 , los que se presentan en el cuadro 1 y 2.

(*) Todos los tratamientos fueron hechos el mismo día.

(**) Com per. Braunier.

(***) Com per. Arjona.

V. RESULTADOS

I. COBRE TOTAL

I.a. Con adherente

De acuerdo a los resultados obtenidos en las aplicaciones de productos con adherente, el cobre total manifestó una tendencia descendente en cada uno de los productos evaluados en el ensayo.

En el cuadro No. 1 resalta que el producto reportado con mayor cantidad de cobre obtenido durante el primer muestreo, fue el Oxido cuproso, seguido por el Oxicloruro de cobre y luego por el Hidróxido de cobre. Así mismo se observa que a partir del primer muestreo realizado a los 20 días, cada uno de los productos variaron en su comportamiento como se deduce del siguiente análisis:

El Oxido cuproso manifestó una mayor variación entre el segundo y tercer muestreo, en donde la frecuencia del mismo fue de cinco días, y en donde se lavó una mayor cantidad de cobre en relación al primero y segundo muestreo efectuados con un intervalo de diez días.

Así mismo, fue notorio que entre el primero y tercer muestreo, la cantidad de cobre lavado fue descendiendo uniformemente a diferencia del resultado obtenido del cuarto muestreo, en donde se presentó un descenso menos marcado que en el anterior.

El Oxicloruro de cobre por su parte, tuvo una disminución de producto en cada uno de los muestreos, además de haber sido el tratamiento que mayor cantidad de cobre reportó durante el primero.

Por otro lado, el Hidróxido de cobre, fue el tratamiento que mantuvo un descenso bien definido, en relación a los dos anteriormente descritos.

I.b. Sin adherente

Al realizar un análisis (cuadro 1) entre cada resultado de los muestreos realizados, se aprecia que la variación del cobre de los productos sin la adición de adherente, fue similar a la presentada cuando el tratamiento se hizo con éste producto. En éste sentido, el Oxido cuproso fue el que mayor pérdida manifestó entre los 30 y 35 días, para luego mantenerse en equilibrio durante el período de 35 y 40 días, así mismo el Oxicloruro de cobre se comportó en igual forma en las dos variantes (con adherente y sin adherente), manteniéndose pérdidas de cobre casi invariables. Mientras tanto, el Hidróxido de cobre mostró un descenso bien marcado, siendo las pérdidas de producto activo, del orden de 31.16 mg/m^2 . durante los 20 y 30 días, disminuyendo a 3.40 mg/m^2 . durante los 35 y 40 días.

CUADRO No. 1

VARIACIONES DEL COBRE TOTAL CON ADHERENTE Y SIN ADHERENTE (mg/m^2)
PRESENTE EN HOJAS DE CAFE, COLECTADAS A INTERVALOS DE 20-30-35 Y 40 DIAS,
GUATEMALA 1977.

	Con Adherente				Sin Adherente			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	20	30	35	40	20	30	35	40
<i>Oxido cuproso</i>	159.94	132.65	96.22	67.63	170.66	151.87	121.29	110.09
<i>Oxicloruro de cobre</i>	163.85	130.78	116.68	95.96	171.63	141.84	119.61	95.33
<i>Hidróxido de cobre</i>	156.02	124.76	97.47	90.36	128.27	97.11	87.67	84.27

II. COBRE DISPONIBLE

II.a. Con adherente

En relación a la variación del cobre disponible, se observa una tendencia descendente bien definida, inversamente proporcional al tiempo de permanencia del producto asperjado sobre las plantas. Sin embargo, el estudio comparativo entre productos varió de la siguiente manera: En el Oxido cuproso, la disminución del cobre disponible fue superior entre el primero y segundo muestreo, comparado con los otros resultados obtenidos 35 y 40 días después, los que variaron de $0,71 \text{ mg/m}^2$, a $0,02 \text{ mg/m}^2$, de cobre.

Similar tendencia al tratamiento anterior fue registrada para el Oxicloruro de cobre, mientras que lo contrario se observó con el Hidróxido de cobre, el cual presentó una pérdida menor de producto entre los 35 y 40 días ($0,70 \text{ mg/m}^2$.) comparada con la obtenida durante los 20 y 30 días ($2,24 \text{ mg/m}^2$).

II.b. Sin adherente

El cobre disponible sin adherente, también mantuvo una tendencia descendente, pero se observó una alteración a ésta regla en el tercero y cuarto muestreo en todos los tratamientos, ya que la pérdida de cobre fue mayor a las obtenidas en muestreos anteriores.

CUADRO No. 2

VARIACIONES DEL COBRE DISPONIBLE CON ADHERENTE Y SIN ADHERENTE (mg/m²) PRESENTE EN HOJAS DE CAFE, COLECTADAS A INTERVALOS DE 20-30-35 Y 40 DIAS, GUATEMALA 1977.

	Con Adherente				Sin Adherente			
	1 20	2 30	3 35	4 40	1 20	2 30	3 35	4 40
<i>Oxido cuproso</i>	2.75	2.04	1.56	1.54	5.87	3.30	2.69	2.00
<i>Oxicloruro de cobre</i>	6.22	4.90	3.76	3.08	6.04	5.28	5.05	2.67
<i>Hidroxido de cobre</i>	8.58	6.34	5.64	4.60	7.74	5.84	4.67	2.54

La variación registrada entre el cobre total con adherente y sin adherente (Gráfica No. 1) se presenta para el caso del Oxido-cuproso, observándose que la variante sin adherente supera a la variante con adherente.

La misma situación se observa (Gráfica No. 2), para el Oxicloruro de cobre, y lo contrario ocurre con el Hidróxido de cobre (Gráfica No. 3), en donde los valores con la adición de adherente resultaron superiores a los de el tratamiento sin adherente.

Al construir las gráficas resultantes del cobre disponible, en el Oxido cuproso, la curva de producto sin adherente superó a la que muestra el comportamiento del mismo con adherente (Gráfica No. 4). Igual respuesta se muestra en la curva correspondiente al Oxicloruro de cobre (Gráfica No. 5).

Por otra parte el Hidróxido de cobre mantiene una posición superior para el caso de la variante con adherente (Gráfica No. 6).

ANALISIS DE VARIANZA

a. Cobre disponible con adherente.

Según el análisis de varianza realizado para establecer el mejor de los tratamientos, hubo significancia, tanto entre tratamiento como entre bloques.

Para establecer cual de los tratamientos fue el mejor, se realizó la prueba de la Mínima Diferencia Significativa (MDS), la cual señaló como tal al Oxido cuproso.

b. Cobre disponible sin adherente.

Según el análisis realizado para la evaluación de los productos sin adherente, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos.

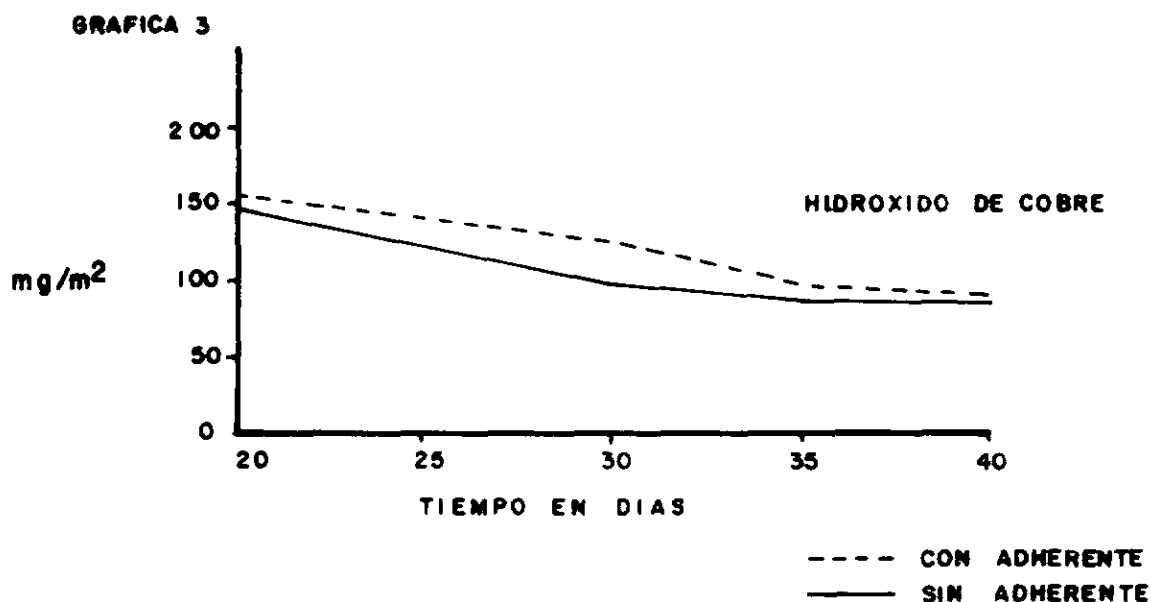
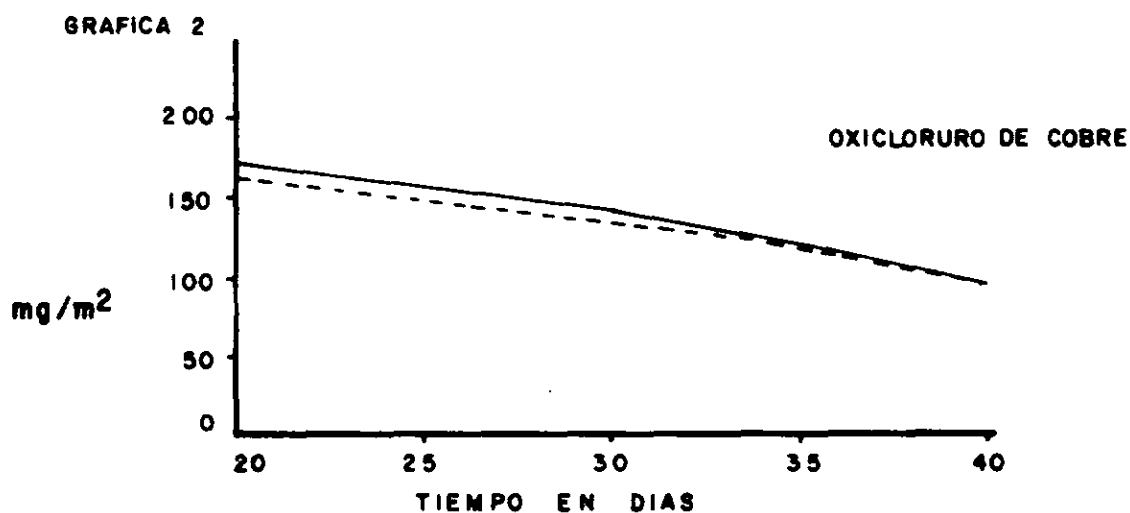
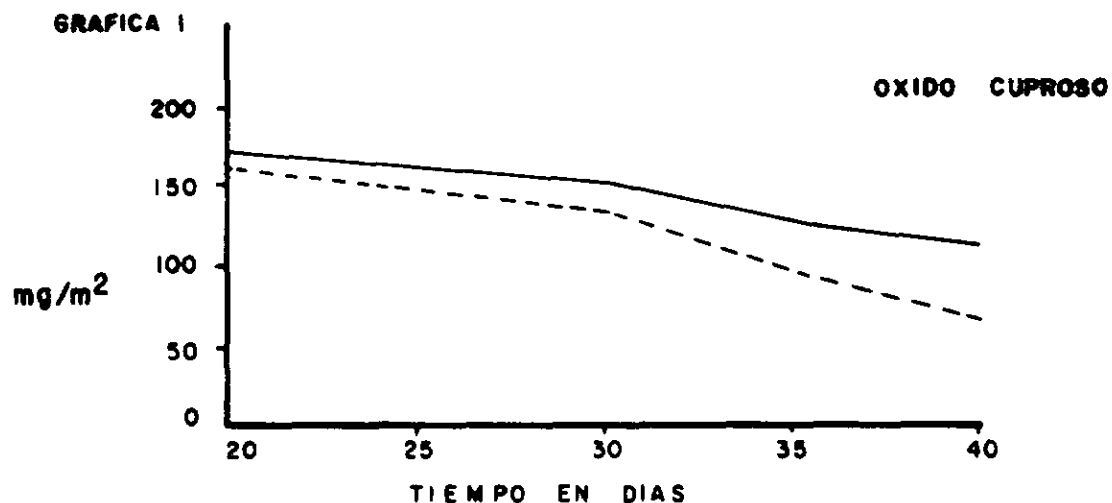
CUADRO No. 3
COBRE DISPONIBLE CON ADHERENTE

<i>Tratamiento</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>Total tratamiento</i>	<i>Media tratamiento</i>
<i>A,</i>	2.75	2.04	1.56	1.54	7.89	1.97
<i>B,</i>	6.22	4.90	3.76	3.08	17.76	4.49
<i>C,</i>	8.58	6.34	5.64	4.60	25.16	6.29
<i>x/tratamiento</i>	17.55	13.28	10.96	9.22	51.01	
<i>x/repetición</i>	5.85	4.42	3.65	3.07		

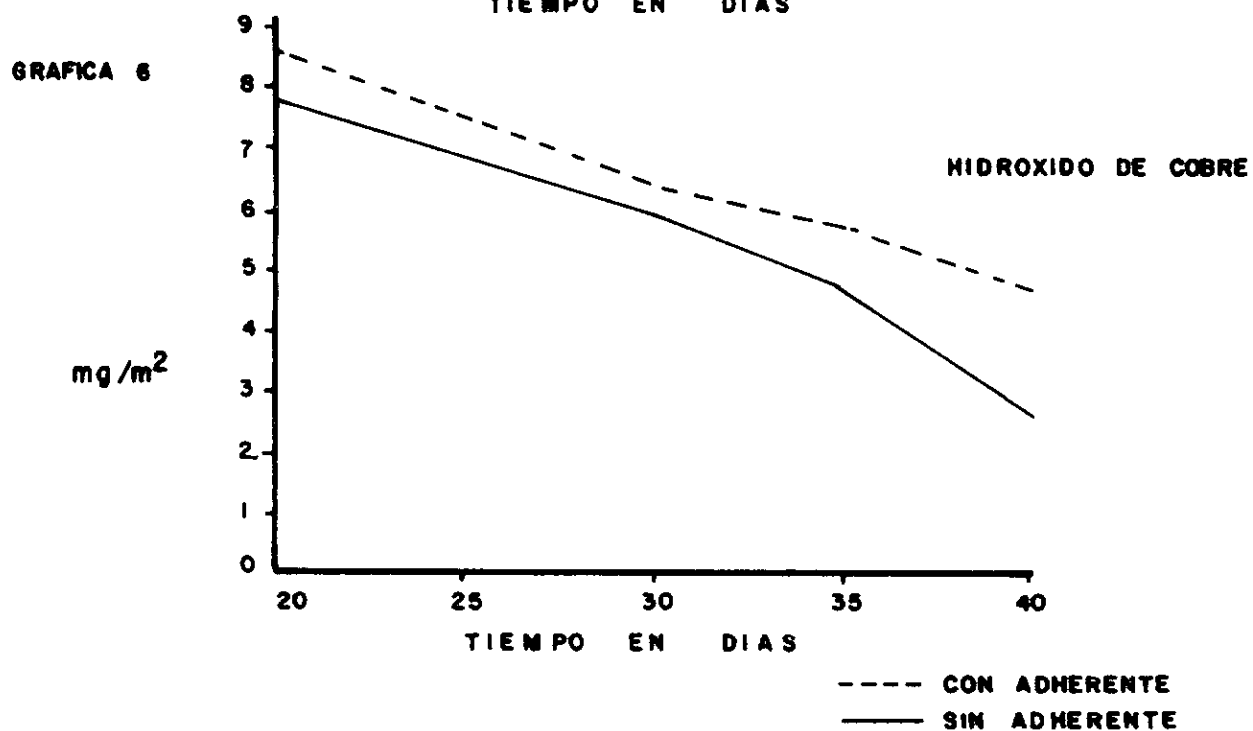
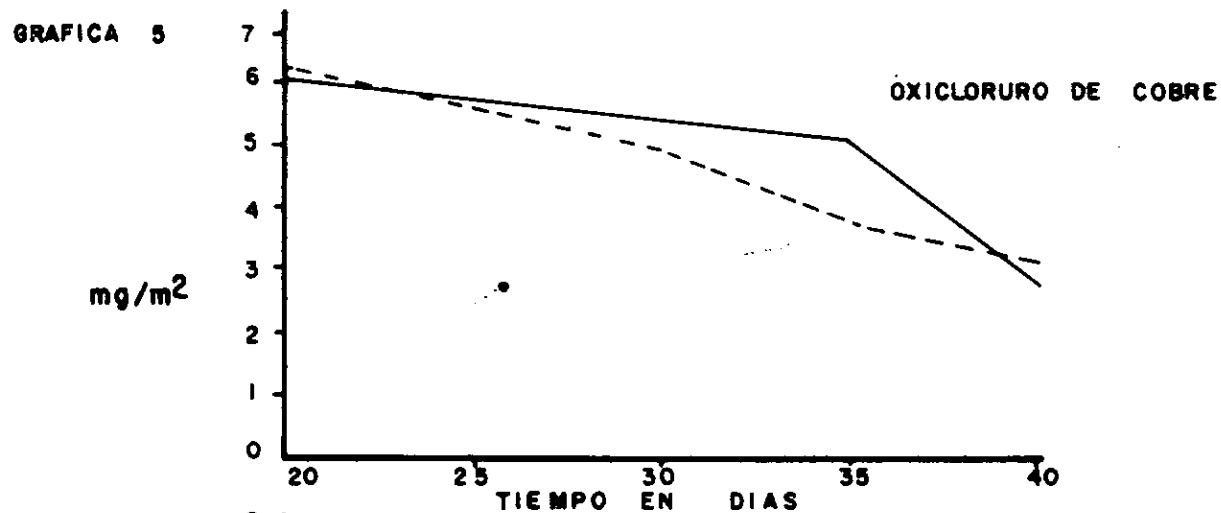
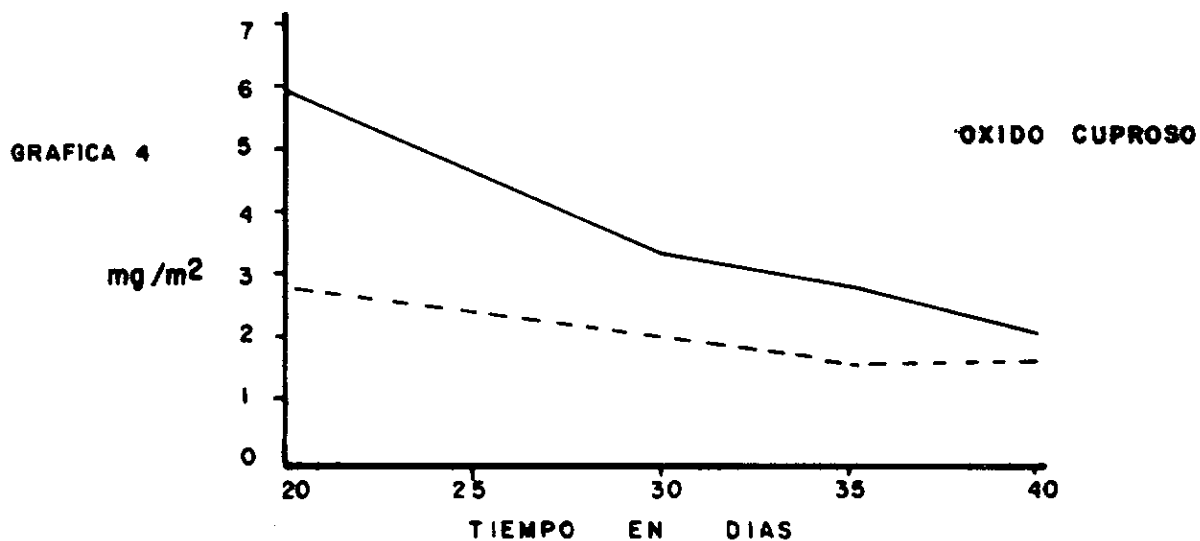
ANALISIS DE VARIANZA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.l.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Ft.</i>	<i>Sig.</i>
<i>Total</i>	11	52.79				
<i>Tratamiento</i>	2	37.62	18.81	52.25	5.14	*
<i>Bloques</i>	3	12.99	4.33	12.02	4.76	*
<i>Error</i>	6	2.18	0.36			

**COBRE TOTAL (mg/m^2) CON ADHERENTE Y SIN ADHERENTE
DE TRES PRODUCTOS ASPERJADOS EN PLANTAS DE CAFE
A 4 DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO**



DISPONIBILIDAD DEL COBRE (mg/m^2) CON ADHERENTE Y SIN ADHERENTE DE TRES PRODUCTOS ASPERJADOS EN PLANTAS DE CAFE A 4 DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO. -



CUADRO No. 4

COBRE DISPONIBLE SIN ADHERENTE

<i>Tratamiento</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>Total tratamiento</i>	<i>Media tratamiento</i>
<i>A</i>	5.87	3.30	2.69	2.00	13.86	3.47
<i>B</i>	6.04	5.28	5.05	2.67	19.04	4.76
<i>C</i>	7.74	5.84	4.67	5.54	20.79	5.20
<i>x/tratamiento</i>	19.65	14.42	12.41	7.21	53.69	
<i>x/repetición</i>	6.55	4.81	4.14	2.40		

ANALISIS DE VARIANZA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc.</i>	<i>Ft.</i>	<i>Sig.</i>
<i>Total</i>	11	59.87				
<i>Tratamiento</i>	2	6.49	3.25	0.72	5.14	N.S.
<i>Bloques</i>	3	26.46	8.82	1.96	4.76	N.S.
<i>Error</i>	6	26.92	4.48			

VI. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos durante el presente ensayo, la concentración de los productos evaluados tendió a disminuir debido a factores tales como el tiempo entre la aspersión y su análisis, condiciones atmosféricas imperantes durante la época en que se realizó el experimento (lluvia, viento y humedad relativa etc.), así mismo su comportamiento fue variable entre cada uno de ellos debido en gran parte a la composición química de cada uno y su respuesta a la acción del medio.

En la secuencia de la investigación realizada se hizo necesario cuantificar además del cobre disponible, el cobre total, el que incluyó la detección de las fracciones solubles e insolubles del mismo.

Tal determinación, se hizo necesaria para contar con un parámetro de la cantidad de cobre depositada en la planta, ya que según investigaciones realizadas en éste sentido, se establece que 50-60 mg/m², de cobre (10) deberán permanecer en la planta, para control del hongo, asumiendo la literatura que la cantidad en referencia se encuentra presente únicamente durante un período de 21 días.

En contraposición a lo anterior, los resultados de ésta investigación, registran cantidades de producto, dos y hasta tres veces mayor a la antes indicada, durante el período que se cita anteriormente. Es de suponer que la razón de ésto, pudo deberse a que el equipo empleado para la aspersión no mantuvo una presión constante de descarga.

En relación al comportamiento de cada uno de los productos evaluados, el Oxido cuproso varió en una forma muy marcada durante el segundo y tercer muestreo, situación que posiblemente se debió a que en el transcurso de éste período hubo precipitaciones de elevada magnitud con valores superiores a los 45 mm. diarios, a diferencia de lo que transcurrió durante el primero y segundo muestreo, en donde las pérdidas de producto, así como las precipitaciones fueron mínimas, durante un período de diez días, lo que corrobora la relación planteada anteriormente.

Por otra parte el Oxidocloruro de cobre, presentó, especialmente en el tercer y cuarto muestreos, una pérdida mayor a la registrada durante el segundo y tercero. Las condiciones prevalentes durante éste período, coinciden con la pérdida de producto. Lo anterior hace suponer, que el propio producto manifestó cambios estructurales fisicoquímicos que lo hicieron reaccionar de ésta forma.

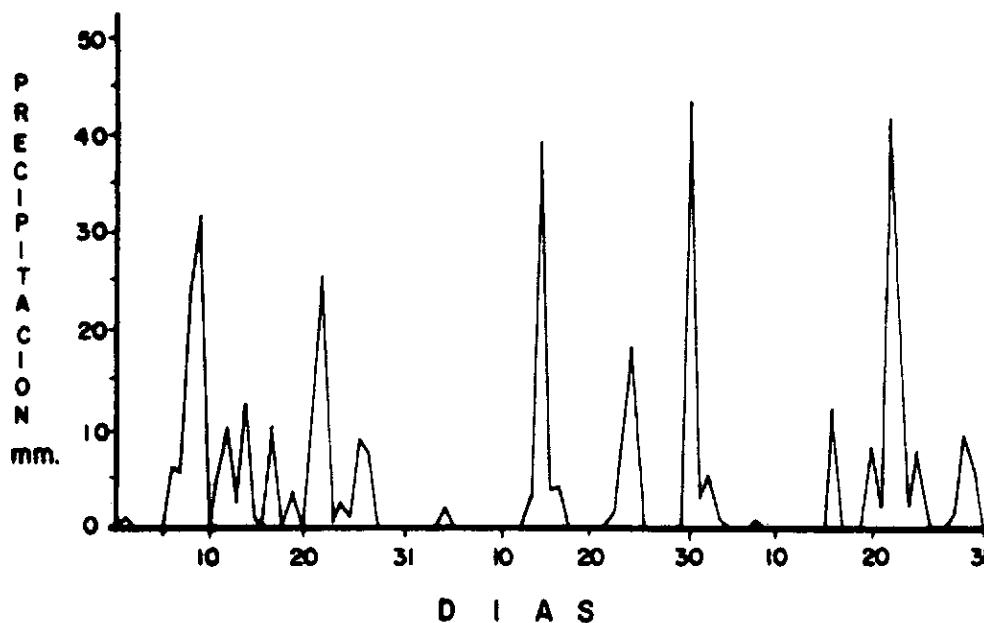
El Hidróxido de cobre, mantuvo en todos los casos descensos uniformes, manifestando una estabilidad mayor que los tratamientos anteriores y un comportamiento adecuado a las condiciones imperantes.

Los valores obtenidos del tratamiento con adherente superaron a los del tratamiento sin adherente. Esta respuesta fue debida a las características que éste producto adicionó a los pesticidas asperjados. En el cuadro No. 2 se observa que la variación del cobre disponible del Oxido cuproso con adherente, fue el tratamiento con menores valores reportados, comparados con el tratamiento sin adherente, lo anterior confirma que la adición de adherentes, los productos mantienen una mayor resistencia al lavado y persistencia por un período mayor. El Hidróxido de cobre con adherente, superó a la variante, cobre disponible sin adherente, tal

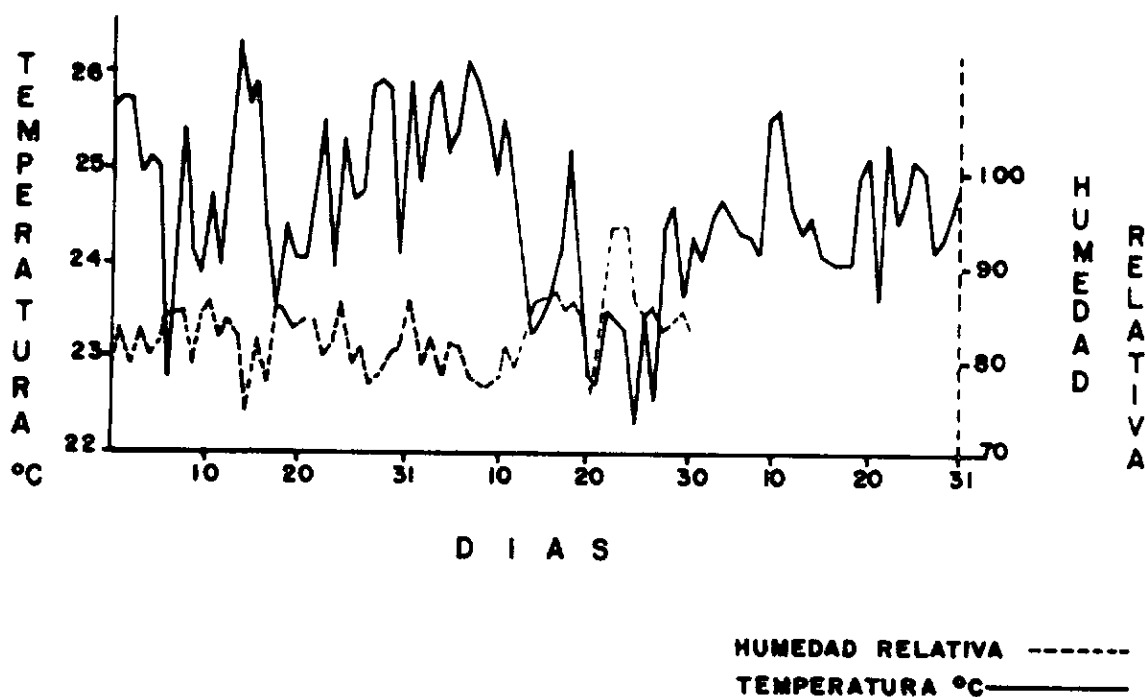
comportamiento se aparta de los resultados anteriores, lo que supone la ingerencia de factores que no son objeto de éste estudio.

En el análisis de varianza el uso de adherente resultó ser significativo, a éste respecto se menciona en forma especial el caso del Hidróxido de cobre, que fue donde se distinguió la diferencia del uso de este producto.

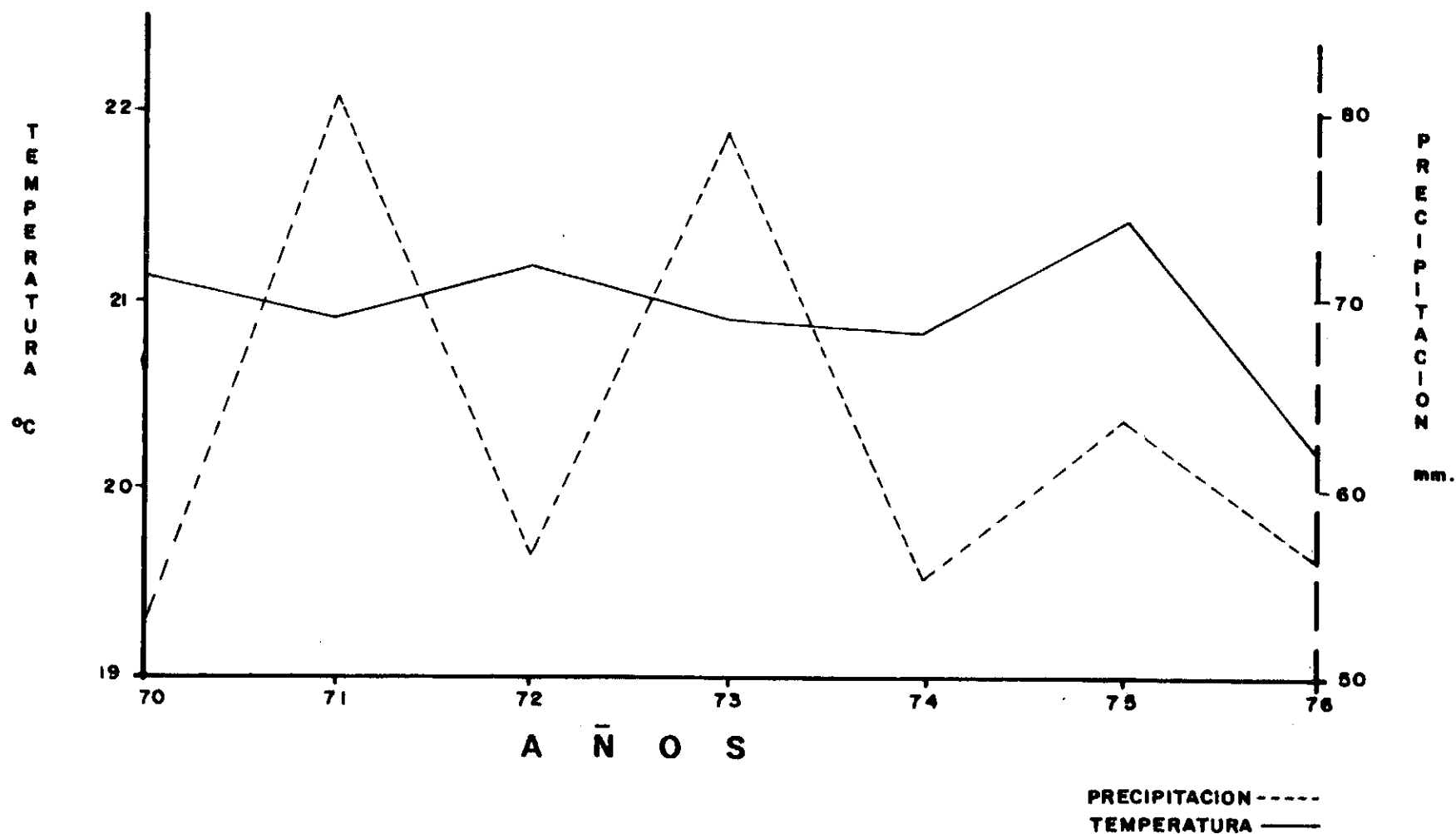
GRAFICA N° 7 VARIACION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL EN mm. DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS MESES DE AGOSTO, SEPTIEMBRE Y OCTUBRE, EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA. GUATEMALA 1977.



GRAFICA N° 8 RELACION ENTRE EL PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA Y LA TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS, REGISTRADOS DURANTE LOS MESES DE AGOSTO, SEPTIEMBRE Y OCTUBRE, EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA, GUATEMALA 1977.



GRAFICA Nº 9 PROMEDIO DE PRECIPITACION PLUVIAL EN mm. Y TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS DURANTE UN PERIODO DE SIETE AÑOS. EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA, GUATEMALA, 1977.



VII. CONCLUSIONES

1. De los productos evaluados, el que mejores resultados aportó fue el Oxido cuproso, ya que se encontraron cantidades del orden de los 159.94 mg/m^2 . de cobre total y de 2.75 mg/m^2 . de cobre soluble.
2. Los valores de cobre (mg/m^2) encontrados hasta los 40 días de realizada la aspersión general, resultaron ser superiores a los que la literatura reporta durante los primeros 21 días, ya que se encontraron valores de 110.09 mg/m^2 . de cobre total.
3. Es justificable la adición de un adherente en las aspersiones de Oxido cuproso y del Oxicloruro de cobre, debido a que se registró un incremento de 42.46 mg/m^2 . de cobre total para el Oxido cuproso, y de 0.96 mg/m^2 . de cobre total para el Oxicloruro de cobre.
4. De acuerdo al procedimiento seguido en el presente estudio, pueden realizarse cuatro aspersiones de productos cúpricos por año, con intervalos de tres meses, para mantener una cantidad de producto adecuada, ya que se encontraron ~~cantidades~~ mayores de 90 mg/m^2 . de cobre total en el último muestreo realizado a los 40 días de la aspersión general.

VIII. SUGERENCIAS

1. Deben continuarse los trabajos de investigación sobre la aplicación de otros productos químicos tomando como punto de referencia los que contengan cobre, previos al ingreso de la roya del café a Guatemala, debido a que éstos han dado algunos resultados en el control de la mencionada enfermedad.
2. Evaluar productos cúpricos tanto en el campo como en el invernadero, para determinar el efecto del lavado directo del agua en forma líquida, ya que ésta se presenta en diferentes intensidades en el país.
3. Evaluar productos cúpricos y otros en las distintas regiones del país dedicadas al cultivo del café, para estudiar el comportamiento de las precipitaciones, variedades cultivadas, así como también la residualidad de los productos.

IX. LITERATURA CITADA

1. BETANCOURT, A.A. A ferrugen do cafeiro. Sao Paulo Agrícola 1959. pp. 3-7.
2. BURDEKIN, D.A. The effect of Captan and Copper sprays on leaf rust and leaf fall of coffee. Tanganyika Coffee Research Station, Lyamungo, Tanganyika Coffee Board, 1960. pp. 56-69.
3. CAMARGO, A.C. Correio Agrícola Bayer, Campina Sao Paulo, Brasil, 1972. pp. 2-5.
4. ECHEVERRY, J.H. & MONTOYA, R. La roya del cafeto, tecnología para su prevención, erradicación y control. INTECAP, AGA y ANACAFE, Guatemala, C.A. 1977. pp. 1-8. (mimeografiado).
5. GARCIA, B.J. Roya, simulación de la incidencia, virulencia de la roya del cafeto a través de estudio de un marco de referencia biofísico, como método de reconocimiento de la enfermedad en la región andina y áreas adyacentes. Venezuela, MAC, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias; Sección Ecológica y Estación Experimental de Bramón. 1974. pp. 5-9.
6. GONZALEZ, J.A. 'et-al'. La roya del cafeto y su combate en Nicaragua. Laboratorio de Fitopatología. Managua, Nicaragua, Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria-INTA, 'y' Misión Técnica Alemana-GTZ, 1977. pp. 9-35.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFE. Brometo inibe esporos da ferrugen, Brasil, Bol. informativo, Ins. Bras. Café-GERCA. 1971. pp. 8.
8. —————. Novos resultados de controle químico da ferrugen. Brasil, Bol. Informativo, Ins. Bras. café-grupo Erad. Café-GERCA. 1971. pp. 8-37.
9. MARTINS CHAVES, G. 'et-al'. A ferrugen do cafeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) Brasil, Universidad Federal de Vicosa-Minas Gerais, 1970. pp. 2-50.
10. PENN, D.E. La roya del cafeto. Cochabamba, Bolivia, Ministerio de Asuntos Campesinos y Agricultura; Misión Británica en Agricultura Tropical, 1972. pp. 7-8.
11. RAYNER, R.W. Micología, historia y biología de la roya del cafeto. IICA-CATIE/OEA, Turrialba, Costa Rica. 1972. pp. 1-20. (Publicación, Miscelánea No. 94).
12. SANCHEZ DE LEON, A. La roya o herrumbre del café y su control, Revista cafetalera (Guatemala, Asoc. Nac. del Café) 1977. 163 (marzo): 9-12.
13. SCHIEBER, E. Impacto económico de la roya en América Latina. 1973. Guatemala, C.A. IICA/ROCAP. Publ. Misc. 10(106):12-24.
14. WALLE, E. Estudio sobre la roya del cafeto, su biología y control, en Kivu (Africa). Guatemala, C.A. Boletín Bayer. 1977. pp. 1-4.

Vo. Bo.

PALMIRA R. DE QUAN
Jefe Centro de Documentación
e Información Agrícola

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

IMPRIMASE :

ING. AGR. RODOLFO ESTRADA G.
DECANO

