

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DE CUATRO EQUIPOS DE ASPERSION
EN TRES PENDIENTES DE TERRENO PARA EL
COMBATE DE LA ROYA DEL CAFETO
(*Hemileia vastatrix* Berk & Br.)

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa
conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas
y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y
el Centro Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza, para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

por

Eduardo Arturo López Cabrera

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica
1983

DEDICATORIA

A mi Madre

A mi Padre (Q.E.P.D.)

A Albita, mi esposa con amor

A Eduardo José y Dayanna Marcella
mis hijos. Con cariño.

AGRADECIMIENTO

El autor desea dejar constancia de su agradecimiento al Dr. Jorge Hernán Echeverri, por su constante preocupación, su acertada orientación y sus valiosos consejos.

A los Doctores Gustavo Enríquez, Germán Escobar y Pedro Oñoro, miembros del Comité Consejero, por su apoyo y valiosos aportes.

Al Personal Docente del CATIE, especialmente al Departamento de Producción Vegetal.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y al Gobierno de Holanda, por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de Posgrado.

A mi esposa Alba Leticia por su comprensión, apoyo moral y estímulos brindados durante mi estancia en CATIE.

A PROMECAFE, por el apoyo económico, a los mandos medios y Personal Obrero por la valiosa y oportuna colaboración prestada.

A Lorena Jiménez y José Miguel Nuñez por su amistad y aprecio.

A mis compañeros de estudio por su incondicional amistad y colaboración recibida.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Gualán, Departamento de Zacapa, Guatemala, en agosto de 1952.

Realizó sus estudios primarios en la Escuela Nacional Urbana para Varones de su pueblo Natal. Se graduó como Perito Agrónomo en el Instituto Técnico de Agricultura de Guatemala en 1971.

Los estudios universitarios los realizó en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), graduándose como Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en 1976.

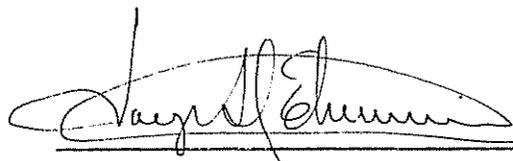
Ingresó al Programa de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), mediante una beca del Gobierno de Holanda, graduándose de *Magister Scientiae* en abril de 1983.

Actualmente trabaja como Investigador-Docente en la Facultad de Agronomía de la USAC.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

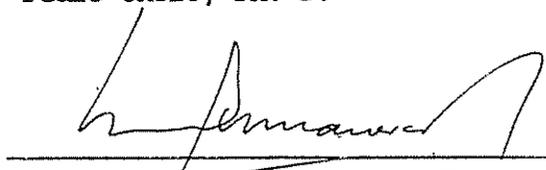
JURADO:



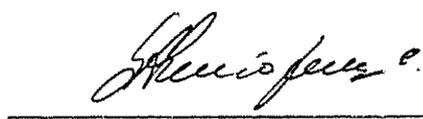
Profesor Consejero
Jorge H. Echeverri, M.S.



Miembro del Comité
Pedro Oñoro, Ph. D.



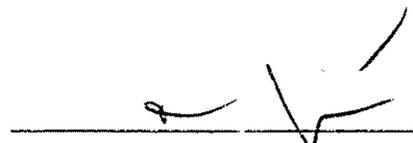
Miembro del Comité
German Escobar, Ph.D.



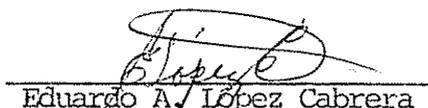
Miembro del Comité
Gustavo A. Enríquez, Ph.D.



Director del Programa de Postgrado en Ciencias
Agrícolas y Recursos Naturales



Decano, Sistema de Estudios de Postgrado de la
Universidad de Costa Rica



Eduardo A. López Cabrera
Candidato

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	viii
SUMMARY	x
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 La roya del cafeto	4
2.2 Importancia de la enfermedad	4
2.3 Combate químico de la roya	5
2.4 Equipos de aspersión	7
2.5 Tecnología de aspersión en el combate de la roya del cafeto	10
2.6 Costos de aspersión	12
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Descripción del área experimental	14
3.2 Metodología de aplicación	17
3.3 Equipos utilizados	18
3.3.1 Equipos manuales	19
3.3.2 Equipos motorizados	21
3.4 Diseño experimental	22
3.5 Evaluación técnica de las aspersiones	23

	<u>Página</u>
3.5.1 Cantidad de cobre depositado en el follaje	23
3.5.2 Cobertura del follaje	24
3.5.3 Residualidad del fungicida en el follaje	27
3.6 Evaluación económica de la aspersion	27
3.7 Análisis estadístico	29
4. RESULTADOS	30
4.1 Evaluación técnica	30
4.1.1 Cantidad de cobre depositado	30
4.1.2 Distribución del fungicida en el follaje	33
4.1.3 Residualidad del producto	38
4.2 Evaluación económica	40
4.2.1 Costos de aspersion	46
4.2.2 Ajuste de curvas de costos	46
5. DISCUSION	59
5.1 Evaluación técnica	59
5.2 Evaluación económica	64
6. CONCLUSIONES	70
7. LITERATURA CITADA	73
8. APENDICE	77

RESUMEN

Evaluación de cuatro equipos de aspersión en tres pendientes de terreno para el combate de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.).

El presente estudio se realizó en cafetales de la Hacienda "Aquiáres" en Turrialba, Costa Rica. Se evaluaron cuatro equipos de aspersión a espalda: Dos manuales y dos motorizados. Entre los manuales se consideró el equipo corrientemente usado, de palanca y uno modificado de presión previa con boquilla de baja descarga y regulador de la presión de salida del líquido. Los equipos de motor, uno con los aditamentos normales y el otro con boquilla de menor descarga y bomba centrífuga que da presión constante en la salida del líquido.

Los objetivos planteados fueron los siguientes: a) Establecer si la calibración seleccionada para los equipos de aspersión garantizan la protección de las plantas contra el ataque de la roya del cafeto. b) Determinar si es posible introducir algunas modificaciones en los equipos de aspersión para mejorar la eficiencia de aplicación. c) Determinar si la pendiente del terreno afecta la eficiencia técnica y el costo económico de las aspersiones.

Los equipos fueron evaluados en tres condiciones de pendiente del terreno, plana (0-20%), media (21 a 40%) e inclinada (41 a 60%), las variables técnicas establecidas fueron, la cantidad de cobra depositado y la cobertura del follaje, además se midió la persistencia del producto. Debido a que en Costa Rica no existe la enfermedad se estableció como base de comparación la presencia por análisis de laboratorio, de cantidades cercanas a 60 mg de

cobre/m² de área foliar, establecido por Wallis y Firman como suficientes para el combate de la roya. Además de la evaluación técnica se hizo una económica para establecer el costo de aspersión para los equipos, en las diferentes situaciones de pendiente estudiadas.

Se observó que todos los equipos de aspersión depositados en promedio cantidades de cobre muy cercanas a las establecidas para el combate químico de la roya del cafeto. Por esta razón, se considera que la cantidad de cobre depositada en el follaje depende más de la buena calibración del equipo que de la topografía del terreno y de la clase de equipo utilizado.

La mayor cantidad de cobre fue depositada en las hojas externas y parte media de la planta, encontrándose que el equipo manual modificado fue el que depositó más fungicida. Sin embargo el equipo con modificaciones presente en promedio una mejor distribución del fungicida en la planta.

En pequeñas extensiones el costo del combate químico de la roya del cafeto resulta menor para los equipos manuales; situación que cambia cuando se trata de áreas de mayor extensión, donde el mayor rendimiento justifica el uso de equipos de motor.

SUMMARY

Evaluation of four types of sprayers on three land slope conditions for the combat of coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.).

The present study was done on coffee plantations of the "Aquiares" farm in Turrialba, Costa Rica. Four types of back sprayers were evaluated: two manual and two motorized. The manual sprayers included the commonly used lever type sprayer and a compressed air sprayer with a low discharge opening and pressure regulator of the flow of liquid. One of the motorized sprayers had normal additions and the other had a low discharge opening and centrifugal pump that puts constant pressure on the flow of liquid.

The objectives of the study were: a) To establish if the calibration selected for the sprayers can guarantee plant protection against coffee rust. b) To determine if it is possible to introduce some modifications in the sprayers in order to improve application efficiency. c) To determine if the degree of land slope affects technical efficiency and economic cost of the sprayings.

The sprayers were evaluated on three land slope conditions: flat (0 to 20%), medium (21 to 40%) and inclined (41 to 60%); the technical variables established were the amount of copper deposited and the foliage cover; the persistence of the product was also measured. Due, to the fact that the disease does not exist in Costa Rica, the base of comparison used was the presence for laboratory analysis of amounts close to 60 mg of copper/m² of foliage area, established by Wallis and Firman as sufficient for combat of

LISTA DE CUADROS

<u>En el texto</u>	<u>Página</u>
Cuadro No.	
1	Costo de aspersión para diferentes densidades de siembra con dos equipos y en diferentes pendientes del terreno 13
2	Precipitación pluvial y temperatura media mensual en la Hacienda "Aquiares", durante el año 1981 15
3	Principales características de los equipos utilizados en el presente estudio 20
4	Cantidad de cobre depositado en hojas de café (mg de cobre/m ² de área foliar) en tres pendientes del terreno con cada equipo de aspersión, en diferentes partes de la planta 31
5	Cobertura del follaje por el fungicida, en tres estratos y dos posiciones; medida mediante un patrón de cubrimiento para cuatro equipos de aspersión en tres tipos de pendiente 34
6	Índice de cobertura del follaje de café en tres pendientes del terreno con cada equipo de aspersión en diferentes partes de la planta 36
7	Cobertura del follaje en plantas de café (medida por no. de gotas/cm ² de área foliar) en tres pendientes del terreno, con cada equipo de aspersión y en diferentes partes de la planta 37
8	Cantidad de cobre residual (mg de Cu/m ² de área foliar) quince días después de realizada la aspersión, considerando tres pendientes del terreno y cuatro equipos de aspersión 39
9	Cantidad de cobre removido (en mg/m ² de área foliar), quince días después de la aspersión, en tres pendientes del terreno y en diferentes partes de la planta 42

En el apéndice

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1A	Cuadrados medios del contenido de cobre en las hojas una hora después de la aspersión, de la cobertura del follaje, de la densidad de gotas, del contenido de cobre 15 días después de la aspersión y de la cantidad de cobre removido, de los análisis de varianza	78
2A	Cuadrados medios del volumen de líquido gastado y del tiempo de aspersión de los análisis de varianza	79

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Precipitación pluvial semanal durante el período experimental (27 de julio al 27 de septiembre) en la Hacienda Aquiares, Turrialba, Costa Rica (1981)	16
2	Escala diagramática utilizada en la medición de la cobertura de las hojas por el fungicida aplicado	26
3	Cantidad de cobre depositado por los equipos en cada una de las pendientes	32
4	Porcentaje de hojas con cobertura adecuada de fungicida, según escala diagramática, en las diferentes partes de la planta	35
5	Número promedio de gotas/cm ² de área foliar, producido por cada uno de los equipos en las pendientes consideradas	41
6	Distribución porcentual de los costos de aspersión para cada equipo en las pendientes consideradas	52
7	Curvas lineales y exponenciales de los costos totales, para aspersiones hechas con el equipo de palanca de presión variable (PPV), proyectadas a extensiones mayores de una ha (10.000 m ²)	55
8	Curvas lineales y exponenciales de los costos totales, para aspersiones hechas con el equipo de presión previa retenida (PPR) proyectadas a extensiones mayores a una hectárea (10.000 m ²).	56
9	Curvas lineales y exponenciales de los costos totales, para aspersiones hechas con el equipo de motor sin modificaciones (MSM) proyectadas a extensiones mayores a una hectárea (10.000 m ²)	57

10

Curvas lineales y exponenciales de los costos
totales, para aspersiones hechas con el equipo de
motor sin modificaciones (MCM) proyectadas a
extensiones mayores a una hectárea
(10.000 m²)

58

1. INTRODUCCION

La roya del cafeto, causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk & Br. es considerada la enfermedad más importante del cultivo. Por mucho tiempo Centroamérica se encontró libre de la enfermedad hasta su aparición en Nicaragua en 1976, posteriormente se encontró en El Salvador, Guatemala y Honduras. Actualmente solo Costa Rica y Panamá se encuentran libres de esta enfermedad.

En países asiáticos con condiciones ecológicas similares a Centroamérica la producción de café se ha visto reducida en un 25 al 50%, cuando no se efectúa el combate de la enfermedad (43). Para los países del área centroamericana se ha estimado que las reducciones pueden llegar entre el 20 y 30% (41). La marcada reducción en el rendimiento es debida a una defoliación prematura de las plantas.

La erradicación de la enfermedad se hace difícil cuando se ha diseminado en áreas extensas, pero es posible convivir con la roya del cafeto, existiendo alternativas a largo plazo como el uso de variedades resistentes y alternativas a corto plazo como el combate químico, manteniendo niveles bajos de incidencia. Se estima que la segunda alternativa puede costarle a los países centroamericanos más de 70 millones de dólares anuales (41).

Los fungicidas a base de cobre han demostrado su eficacia en el combate de la roya, cuando se distribuyen uniformemente en el follaje, para lo cual se requiere de equipos de aspersión adecuados.

El problema actual es encontrar equipos que realicen las aspersiones más eficientemente y con el menor costo posible, tomando en cuenta que las zonas cafetaleras están ubicadas en terrenos de ladera, donde el agua es escasa o se encuentra a gran distancia, lo cual dificulta las aspersiones.

Actualmente no existen equipos diseñados específicamente para aspersiones en café, por lo cual los países que necesitan combatir la roya del cafeto han tenido que recurrir al uso de los equipos comúnmente existentes; en algunos casos les hacen modificaciones tendientes a mejorar la eficiencia de aplicación.

Algunos países han iniciado evaluaciones de los equipos de aspersión con el propósito de seleccionar aquellos que se adapten con mayor eficiencia al cultivo del café; tal es el caso de trabajos hechos en Brasil, Colombia y El Salvador.

Teniendo en cuenta esta necesidad se diseñó el presente trabajo, donde se evaluaron cuatro equipos de mochila, dos manuales y dos motorizados.

Los objetivos del presente estudio son:

- a) Establecer si la calibración seleccionada para los equipos de aspersión garantiza la protección de las plantas contra el ataque de la roya del cafeto.
- b) Determinar si es posible introducir algunas modificaciones en los equipos de aspersión para mejorar la eficiencia de aplicación.

- c) Determinar si la pendiente del terreno afecta la eficiencia técnica y el costo económico de las aspersiones.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 La roya del cafeto

La roya es una enfermedad del cafeto causada por un hongo de la clase Basidiomicetos, género *Hemileia*, especie *vastatrix*. Se caracteriza por ser un parásito obligado del café y por atacar las hojas y, producir defoliación prematura en las plantas. En las hojas se producen pústulas de color amarillo anaranjado que contienen gran cantidad de uredosporas (39, 43).

Algunas características biológicas de este hongo son: temperatura óptima de germinación de las uredosporas 23,7°C: el proceso de germinación y penetración en las hojas se lleva a cabo en menos de 24 horas. En condiciones de campo la infección ocurre en presencia de lluvias suaves o rocío. La luz ejerce un efecto negativo sobre el proceso de germinación (22, 35)

2.2 Importancia de la enfermedad

La exportación de café representa más del 40% de las divisas en los países del área centroamericana; por otra parte, en Costa Rica esta actividad genera cerca de medio millón de empleos al año (36).

La industria cafetalera centroamericana se encuentra amenazada después de la aparición de la enfermedad en Nicaragua (1976) y diseminada a El Salvador, Guatemala y Honduras en donde su erradicación no ha sido posible a pesar de los esfuerzos hechos (16, 17, 18).

Eliminada la alternativa de la erradicación, la convivencia con la roya del cafeto es la alternativa a corto plazo más recomendable. La convivencia consiste en mantener la enfermedad en niveles tolerables, esto se consigue mediante aspersiones periódicas de productos fungicidas, principalmente a base de cobre (2, 3, 10).

2.3 Combate químico de la roya

El combate químico de la roya del cafeto está basado en medidas de protección tendientes a evitar que se produzca la infección, cuando existe inóculo activo en el medio. Esto se logra con el uso de productos químicos que, en pequeñas concentraciones, son capaces de inhibir la germinación de las esporas o evitar su penetración (23).

Los requisitos más importantes que deben llenar los fungicidas de acción protectora son (23):

- Fungitoxicidad a bajas concentraciones, pero sin causar fitotoxicidad aún a niveles altos.
- Lenta solubilidad en agua, ya que sólo en solución pueden entrar en contacto íntimo con las esporas, tubos germinativos e hifas.
- Capacidad de extenderse y cubrir bien la superficie de las plantas, para proteger la mayor área posible.
- Poder residual suficiente para permanecer activos por varios días en el follaje tratado.

- Compatibilidad con los insecticidas y fertilizantes foliares de uso corriente.

Desde 1936 se ha usado el caldo bordelés para el combate de la roya del cafeto (38), el cual es un compuesto a base de Sulfato de cobre, de bajo costo y comprobada eficiencia. En la mayoría de los estudios realizados en Kenia y Brasil sobre el combate químico, se ha podido establecer que los fungicidas a base de cobre presentan un adecuado combate de la enfermedad, no existiendo diferencias significativas en relación a las fuentes de cobre utilizadas (22, 30, 38).

Se ha encontrado que son suficientes de 1 a 3 kg/ha de ingrediente activo (cobre metálico) para un combate adecuado de la enfermedad (19, 33).

Este rango en la dosis obedece a la consideración que debe tenerse por el desarrollo de los árboles, o sea a su área foliar. Wallis y Firman (45) establecieron en Kenia que 60 mg de cobre por metro cuadrado de área foliar son adecuados para el combate de la roya; sin embargo, esta concentración resultaría para las plantaciones del Brasil, en el uso de más del doble de las dosis actualmente recomendadas, debido a la alta densidad de follaje de las plantas cultivadas en este país (3, 10, 21).

Se considera que para un combate efectivo de la roya se debe tomar en cuenta factores que afectan el curso y la severidad de la enfermedad (11), como son la distribución e intensidad de las lluvias, la cantidad de inóculo presente antes de iniciarse las lluvias y la cantidad de follaje de las plantas, entre otras de menor importancia.

Los mejores resultados en el combate de la enfermedad se han logrado cuando las aspersiones se hacen al principio y durante las primeras semanas de la estación lluviosa (2, 11, 22).

En cuanto al número de aspersiones, en Brasil se ha logrado bajar de 7, que se habían recomendado en un principio a 4 y 3 aplicaciones por año, con intervalos de 30 a 40 días, en el período de lluvias. Además, se ha observado que existe una correlación entre la producción esperada y el ataque de la roya, es decir, los árboles con alta producción son mucho más afectados por la enfermedad que aquellos con baja producción; esto permite programar las labores de combate de acuerdo a la producción esperada, llegándose hasta dos aspersiones en los años de producción relativamente baja (11).

2.4 Equipos de aspersión

La eficacia en el combate de la roya depende en parte de la distribución del producto en la planta, la cual debe ser uniforme y en concentraciones adecuadas. Es por esto que en gran medida el resultado del combate químico de la enfermedad está relacionado directamente con el equipo y la metodología de aspersión utilizada.

En vista de que en Centroamérica el café se cultiva en su mayoría, en áreas muy inclinadas, el uso de equipos acoplados al tractor o autopropulsados es muy limitado. Los equipos de mochila, que son livianos y de bajo costo, representan la principal alternativa, a pesar de tener menor eficiencia y requerir de un mayor uso de mano de obra (15).

Costa Rica sobresale en Centroamérica por tener una de las caficulturas más tecnificadas, sin embargo en un estudio reciente hecho por el Ministerio de Agricultura de ese país, se pudo establecer que únicamente el 49% de las fincas acostumbran asperjar sus cafetales por lo menos una vez al año (14). En el resto de los países centroamericanos a excepción de El Salvador, en donde se utilizan fungicidas en alguna medida, no se dispone de tecnología de aspersión, ya que en el pasado no ha sido necesario esta práctica por la baja incidencia de las enfermedades y los insectos en este cultivo.

Se ha considerado que la escogencia del equipo a usar en la aplicación de insecticidas o fungicidas depende de la extensión del cafetal, de la distancia de siembra, del tamaño de la planta, de la topografía del terreno y de la disponibilidad y facilidad de acceso del agua (34).

Los equipos de mochila son regularmente: manuales o motorizados. Los manuales se subdividen en equipos de palanca y equipos de presión previa. Los primeros consiguen la presión mediante el accionar constante de una palanca manual. En los de presión previa, tanto el líquido como el aire se introducen antes de subir el equipo a la espalda del operario, esto permite realizar la labor sin necesidad de accionar ninguna palanca al momento de la aspersión, por lo que siempre dispone de una mano libre, para apoyarse, ante los accidentes del terreno (15).

Los equipos de motor de acción neumática, mueven un ventilador, que produce una fuerte corriente de aire que al contacto con el líquido lo fracciona en pequeñas gotas (28).

Rivillas (40), señala algunas de las ventajas más importantes en los equipos manuales de palanca:

- a) Es difícil un control regular de la presión, por requerir de un bombeo continuo.
- b) La calibración y la uniformidad de aplicación son difíciles de obtener debido a que influyen entre otras, condiciones del ambiente, la topografía y sobre todo el estado de ánimo del operario.
- c) La mayoría de estos equipos no poseen sistema de agitación de la mezcla.
- d) La aplicación del producto es lenta y por eso su uso se limita a áreas pequeñas.
- e) Generalmente se requieren volúmenes grandes para asegurar una distribución uniforme del fungicida.
- f) El operario se fatiga en exceso debido al peso y al continuo accionar de la bomba, sobre todo cuando usa bombas grandes de mayor capacidad en el recipiente de mezcla.

La mayoría de las desventajas señaladas anteriormente se corrigieron con el equipo de Presión Previa Retenida (PPR). Este equipo no requiere dar presión constantemente ya que se aplica una sola vez con el líquido, consume cantidad menor de agua en la aspersión y distribuye la mezcla a una presión de salida constante (40).

Con los equipos motorizados de espalda se han logrado buenos resultados debido a la mayor deposición y mejor distribución del fungicida sobre las hojas (19). Esto se puede atribuir a la agitación que el aire ocasiona en el follaje y a que el producto llega en buena parte al envés de las hojas (32).

Para las aplicaciones hechas con los equipos de espalda la calidad de la aspersion depende: del operario, del tipo de boquilla utilizada, de la topografía del terreno y de la presión de salida de la mezcla (27, 28). También debe considerarse aquí la calibración del equipo.

Las boquillas como elementos de los equipos, cumplen las siguientes funciones: permiten el flujo del líquido a asperjar, rompen la corriente del líquido en gotas de tamaño uniforme, dispersan estas gotas en patrones homogéneos, impulsan las gotas, para que impacten en la superficie que está siendo tratada (5):

La presión de salida del líquido por la boquilla influye sobre el tamaño promedio de las gotas, el cual aumenta considerablemente cuando la presión de aspersion se reduce (7, 40).

2.5 Tecnología de aspersion en el combate de la roya del cafeto

Para lograr el combate de la enfermedad es necesario que el fungicida sea distribuido uniformemente en toda la planta. La uniformidad en la distribución depende, entre otros factores, del equipo y del método de aplicación (37).

Hay varias formas de evaluar la efectividad de las aspersiones; una de ellas es mediante el efecto fungitóxico o fungistático del producto aplicado. En un medio sin roya esta evaluación es posible al comparar la cantidad de cobre depositado en las hojas juntamente con la cobertura con un modelo idealizado técnicamente en el combate de esta enfermedad.

En Brasil y otros países donde existe la roya, se han hecho trabajos de evaluación de la efectividad de los equipos de aspersión. Correa *et al* (12), demostraron que no existen diferencias estadísticas significativas en el combate de la roya, cuando se usa equipos motorizados de mochila con o sin bomba centrífuga, con descarga de 50 y 150 l/1000 plantas, lo cual concuerda con lo encontrado por Castro (7) en El Salvador.

Castillo y García (6), evaluaron el rendimiento y la eficiencia de varios equipos para el combate de plagas y enfermedades del café, llegando a establecer que no hay diferencias en la calidad de la aspersión cuando los equipos operan en terreno plano (0 a 5% de pendiente).

En estudios hechos para conocer el comportamiento de los equipos manuales de mochila con bajas descargas de líquido, en el combate de la roya, se evaluó el equipo marca Jacto-PIH con discos de boquilla No. 0, 1, 2 y 3, descargando volúmenes de 50, 100, 200 y 400 l/ha respectivamente, con aplicaciones de 4 kg/ha de oxiclورو de cobre. Se encontró que las diferentes modalidades fueron eficientes y al ser comparadas con aspersiones realizadas con equipos de mochila motorizada a 20 y 200 l/ha no se encontró diferencia (24).

Se ha considerado que los equipos de mochila accionados manualmente, son adecuados en aspersiones de semilleros y almácigos, pero en cafetales de gran extensión con plantas altas y follaje denso resultan deficientes y de uso antieconómico, especialmente si la pendiente del terreno es pronunciada (25).

2.6 Costos de aspersión

Los costos de aspersión varían de un país a otro y aún entre regiones. Hernández (25) en 1975, estimó que en términos generales para Guatemala el costo económico de aspersión de una manzana (1 manzana = 6.989 m²) de cafetal con 1.000 plantas podría ser de 3,89 a 6,89 quetzales (1 \$ US = un quetzal), incluyendo en el costo, el fungicida, adherente, lubricante, combustible y salario de cinco trabajadores

Para la región cafetalera de México, Sernas (42), en 1979 estimó con base en lo observado en Brasil, que el costo de aspersión por hectárea para el combate de la roya podría ser de 787 pesos mexicanos para aspersiones a alto volumen (400 l/ha) y 608 pesos mexicanos para aspersiones a bajo volumen (20-25 l/ha). (1 \$ US = 12,5 pesos mexicanos).

Los costos de aspersión para cafetales sembrados a diferentes densidades de siembra, en tres pendientes del terreno fueron establecidos por Rivillas (40) en 1977. (Ver Cuadro 1). Recientemente el Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, ISIC (29), estableció que los costos por manzana en el combate de la roya del cafeto con el equipo de espalda manual y el

Cuadro 1. Costo de aspersión para diferentes densidades de siembra con dos equipos y en diferentes pendientes del terreno. Rivillas, C.A. 1977.

Equipos	Densidad de Siembra	Costos en cada pendiente		
		0 - 30%	30 - 60%	60 - 90%
Convencional	2500	675+	837	909
	5000	1350	1674	1818
	7500	2025	2510	2727
Motorizado	2500	691	974	1215
	5000	1382	1948	2430
	7500	2073	2927	3645

(+) Costo expresado en pesos colombianos (1 \$ US = 42 pesos colombianos).

Motorizado son de 62,42 y 59,00 colones salvadoreños respectivamente (1 \$ = 2,5 colones salvadoreños).

En Brasil se ha dado mucha importancia al aspecto económico dentro de los programas de combate de la roya del café, seleccionando productos, dosis, equipos y métodos eficientes y, sobre todo, de menor costo (11).

En diferentes regiones de Brasil se ha calculado que el costo adicional que representa el combate de la roya del café es de un 20% del costo de producción, en aquellos cultivos con una productividad entre 15 y 20 sacos de 100 lb. de café oro por cada mil plantas (10).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área experimental

a) Localización

El presente estudio se efectuó en los cafetales de la Hacienda 'Aquiáres', localizada en el Cantón de Turrialba, Costa Rica, a $9^{\circ} 55'$ latitud norte y $83^{\circ} 39'$ longitud oeste, y una elevación de 980 msnm. De acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge, está en la formación ecológica de bosque muy húmedo tropical premontano.

Datos de la estación meteorológica de la hacienda indican que la temperatura media anual es de $18,8^{\circ}\text{C}$ y la precipitación pluvial media 3.175 mm anuales, distribuida en 274 días de lluvia. La distribución mensual de la lluvia y la temperatura media mensual para el año 1981, se presentan en el Cuadro 2. La Figura 1 muestra en detalla la precipitación semanal durante el período en el cual se realizó el experimento.

b) Condiciones del cultivo

El área en la cual se llevó a cabo el experimento se encuentra sembrada de café variedad 'Caturra', de cuatro años de edad, cultivada a libre exposición, sin sombra. La densidad de siembra es uniforme, en promedio 6.300 plantas/hectárea ($0,85\text{ m} \times 1,86\text{ m}$). Cada planta se compone de dos o tres ejes verticales con ramas laterales bien desarrolladas y en algunos casos entrecruzadas con las de la planta vecina. La altura varía entre 1,6

Cuadro 2. Precipitación pluvial y temperatura media mensual en la Hacienda "Aquiares", durante el año 1981. Turrialba, Costa Rica.

Mes	Precipitación mm	Temperatura media °C
Enero	263,5	17,48
Febrero	224,7	17,41
Marzo	223,0	17,43
Abril	283,0	17,67
Mayo	179,0	19,73
Junio	360,0	19,02
Julio	196,0	18,43
Agosto	257,0	17,89
Septiembre	171,5	19,42
Octubre	342,0	17,98
Noviembre	506,6	18,32
Diciembre	168,5	17,84
TOTAL	3175,0	Promedio 18,84

Fuente: datos tomados del registro de la finca.

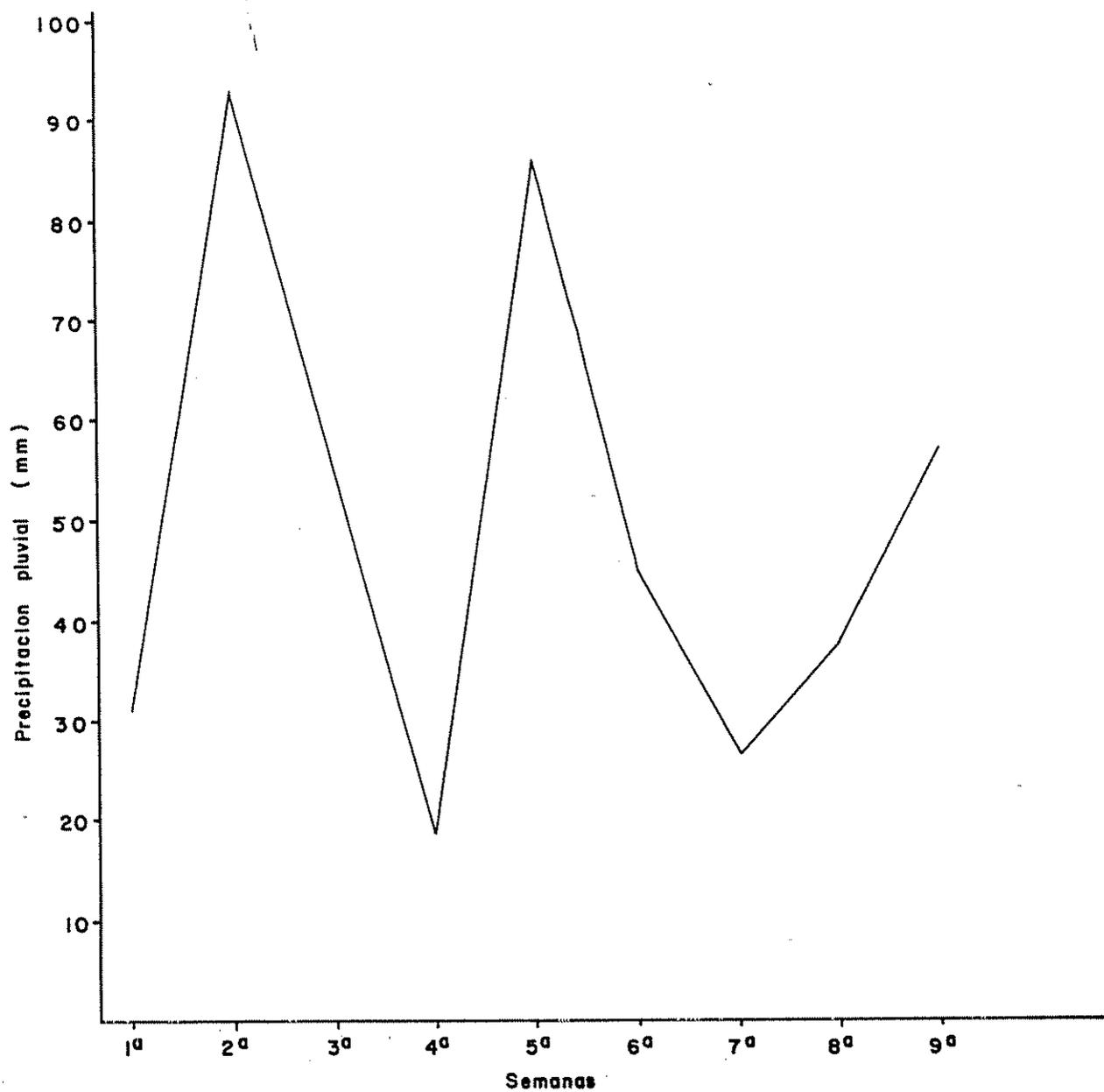


Figura 1. Precipitación pluvial semanal durante el período experimental (27 de julio al 27 de septiembre) en la Hacienda Aquiares, Turrialba, Costa Rica. (1981)

y 2,1 m y el diámetro de la copa entre 1,4 y 1,7 m.

El cultivo está en un área de topografía heterogénea, con pendientes entre 0% y más de 60%, con gran cantidad de piedras sueltas y semienterradas así como residuos de la vegetación boscosa anterior, que dificultan en algunas partes el desplazamiento a lo largo de las calles.

3.2 Metodología de aplicación

Como requisito en la metodología de aplicación para todos los tratamientos se impuso el criterio de obtener una distribución uniforme del fungicida sobre las hojas, con la menor cantidad de mezcla posible. Se buscó que los operarios de los equipos caminaran a un paso moderado y constante para ayudar a lograr uniformidad y para que pudieran cumplir su jornada de trabajo sin fatigarse. Para ello fue necesario realizar varias pruebas preliminares de preparación de los operarios y calibración de los equipos, en una área con características similares a la del área experimental.

Se seleccionaron las boquillas a usar y la forma como serían realizadas las aspersiones, tratando de obtener un cubrimiento total de las plantas, sin repasar ni dejar partes sin asperjar, teniendo en cuenta que el producto debe ejercer una acción de protección.

El operario se movilizó entre los surcos que estaban orientados en sentido transversal a la pendiente. En cada pasada el operario asperjaba únicamente un lado del surco y al regresar por el mismo surco, asperjaba el lado opuesto. Los dos operarios se entrenaron cuidadosamente con cada uno

de los equipos, hasta lograr que utilizaran con la misma eficiencia, cualquiera de ellos.

Durante las pruebas preliminares se utilizaron colorantes y tarjetas de papel "Kromacote" colocadas a diferentes alturas en las plantas. Estas pruebas se realizaron con el propósito de determinar la distribución de las gotas y el cubrimiento por boquilla y por equipo; con base en esto se ajustó el equipo hasta obtener un buen patrón de cubrimiento, con el menor gasto posible de mezcla. Debido a que en Costa Rica no existe la roya del café no se puede evaluar la eficiencia de las aplicaciones con porcentajes de control, como es deseable. Se buscó como objetivo lograr el depósito de 60 miligramos de cobre (ingrediente activo) por metro cuadrado de área foliar, recomendado por Wallis y Firman (45). Con este criterio se seleccionó la dosis de 3 kg/ha de ingrediente activo, por ser la más alta recomendada en el combate de la roya (3, 11), para un cultivo con alta densidad de siembra y área foliar intermedia (aproximadamente $12\text{m}^2/\text{planta}$).

El producto comercial utilizado para el trabajo fue 'Cupravit' (oxiclouro de cobre al 50% de cobre metálico), polvo mojable, que se utiliza corrientemente en el combate de enfermedades del café.

3.3 Equipos utilizados

Se sometieron a evaluación cuatro equipos de espalda: dos manuales y dos de motor.

3.3.1 Equipos manuales

En esta categoría se tomaron dos tipos: uno de palanca con presión variable y otro de presión previa retenida.

a) Equipo de palanca manual, con presión variable (PPV)

Se seleccionó para el trabajo el equipo marca comercial Carpi por ser uno de los más utilizados por el agricultor en Costa Rica. En este equipo la presión se obtiene al accionar en forma regular durante la aspersión una palanca lateral. El depósito del líquido y la cámara de presión son de polietileno lo que da menor peso y mayor facilidad de operación al equipo. Comercialmente se distribuye en el país con un único tipo de boquilla de cono regulable marca Pluvio, que permite graduar la salida mediante un mecanismo de tornillo. Las principales características se resumen en el Cuadro 3.

b) Equipo de presión previa retenida (PPR)

Este equipo fue diseñado en Colombia para aspersión en cafetales y su marca comercial es Calimax Leo.

Se caracteriza porque el líquido y el aire se inyectan por medio de una bomba manual antes que el operario se coloque el equipo a la espalda. Debido a que no requiere accionar palanca alguna al momento de la aspersión el operario se cansa menos y tiene una mano libre que le sirve para ayudarse en la operación. Además la presión de salida de la mezcla es ajustable; toda la mezcla (10 litros) sale del equipo a presión constante la cual se

Cuadro 3. Principales características de los equipos utilizados en el presente estudio.

EQUIPOS

	PPV	PPR	MSM	MCM
Marca	Carpi	Calimax Leo	Solo Port 423	Solo Port 423
Peso vacío en Kg	6,0	8,0	11,5	11,5
Capacidad del tanque de litros	18,0	10,0	12,0	12,0
Largo de Lanza en metros	0,6	0,8	1,1	1,1
Tipo de boquilla	Graduable (mínimo)	HC-3 70°	Posición II	Posición II
Descarga l/min.	0,7	0,3	1,0	1,0

PPV: Equipo de palanca con presión variable.

PPR: Equipo de presión previa retenida.

MSM: Equipo de motor sin modificaciones.

MCM: Equipo de motor con modificaciones.

mantiene aún después que toda la mezcla ha salido, de forma que cada vez que se vaía el equipo, solo se necesita inyectar la mezcla. Las principales características se resumen en el Cuadro 3.

3.3.3 Equipos motorizados

Se seleccionó el equipo motorizado de espalda marca Solo Port 423 con el objeto de comparar el equipo regular, como corrientemente se distribuye en el mercado, con uno al cual se le han introducido varias modificaciones, que se considera mejoran su eficiencia.

a) Equipo motorizado de espalda sin modificaciones (MSM)

Este equipo posee un motor de un cilindro y 5 caballos de fuerza (HP) enfriado por aire, que funciona a base de una mezcla de gasolina y aceite. El motor del equipo acciona un ventilador que lanza una corriente de aire a través de un conducto (lanza) al extremo del cual sale la mezcla de fungicida, que se fracciona en pequeñas gotas por el impacto del aire. Poco antes de la salida de la mezcla se encuentra un dispositivo regulable en cuatro posiciones, que permite seleccionar la descarga de la mezcla deseada, entre 0,5 y 2,5 l/min.

Con los equipos sin bomba centrífuga se corre el riesgo de variaciones en la descarga, debido a que la presión de salida es muy baja ya que ocurre por gravedad y depende de las variaciones en la posición de la lanza de salida.

En las pruebas preliminares se seleccionó para cada equipo la posición más adecuada, en cuanto al cubrimiento de las hojas y el gasto de líquido por hectárea deseados. El Cuadro 3 indica las boquillas seleccionadas y las características de cada equipo.

b) Equipo motorizado de espalda con modificaciones (MCM)

Se utilizó un equipo de la misma marca y tamaño del anterior, con la diferencia de que a éste se le colocó una bomba centrífuga y una boquilla con orificios de salida de menor diámetro. La cantidad de mezcla descargada es similar a la del equipo anterior, con la diferencia de que en este caso sale a una presión constante mayor. También se seleccionó la posición II' que corresponde a una descarga de un l/min.

Con el equipo de motor modificado se considera que se logra una descarga más uniforme de la mezcla, aún cuando la lanza de salida ocupe posiciones más altas que el ataque del líquido. Las principales características se resumen en el Cuadro 3.

3.4 Diseño experimental

El experimento se diseñó con el propósito principal de evaluar si el equipo y la pendiente del terreno influya en la calidad de la aspersion, medida a través de la cantidad de producto depositado en el follaje, la cobertura de las hojas y la persistencia del producto. A la vez se estableció si existía diferencia económica, al analizar el costo de las aspersiones para cada equipo, teniendo en cuenta el tamaño de la parcela y la pendiente del terreno.

El trabajo se realizó en tres pendientes: plano (0 a 20%), mediana (21 a 40%) e inclinada (41 a 60%). En cada pendiente se marcaron tres parcelas (repeticiones) de 1844 m^2 (16 surcos de 50 m de largo). Todos los equipos fueron evaluados en la misma parcela donde se tomó información detallada para el análisis económico tales como: tiempo requerido y cantidad de mezcla gastada a los 372 m^2 (4 surcos de 50 m) a los 744 m^2 (8 surcos de 50 m), a los 1116 m^2 (12 surcos de 50 m) y a los 1844 m^2 (16 surcos de 50 m).

El análisis técnico de las aspersiones se hizo en los extremos de una de las parcelas en donde se tomaron cuatro plantas al azar y se dividieron en tres partes denominadas estratos. Estrato I (hasta 0,40 m de altura), estrato II ((0,41 a 1,50 m de altura) y estrato III (más de 1,50 m de altura). Para cada estrato se tomaron ramas laterales de las cuales se escogieron hojas en la posición interna y externa de las ramas.

3.5 Evaluación técnica de las aspersiones

Ante la ausencia de roya del cafeto en el país, la evaluación de los equipos se hizo tomando en cuenta variables que permitieran predecir la eficiencia de estos equipos ante la eventual necesidad de combate de la enfermedad. Las variables evaluadas fueron:

3.5.1 Cantidad de cobre depositado en el follaje

Una hora después de haber finalizado la aspersión, se procedió a medir la cantidad de cobre depositado en el follaje, para cada uno de los

equipos en estudio. Para ello se tomaron al azar cuatro plantas en cada parcela. En cada una de estas se seleccionaron cuatro ramas por estrato (alto, medio y bajo) y de estas se tomaron dos hojas por posición (interna y externa). En cada hoja se tomaron dos discos de 1,5 cm de diámetro, hasta completar una muestra de 64 discos de hoja (4x4x4) por una misma posición, dentro de un mismo estrato de las cuatro plantas muestreadas en la parcela. Las muestras fueron colocadas en frascos de vidrio debidamente identificados y se transportaron al laboratorio para su análisis.

Para la determinación de la cantidad de cobre en las muestras de discos se procedió al secado en un horno a 60°C por 36 hrs, posteriormente se pesaron y se agregó 5 cc de una solución de ácido nítrico y ácido perclórico en proporción de 5:1, iniciándose la predigestión, 10 hrs después empieza la digestión y liberación de los ácidos al agregar calor a las muestras. Posteriormente se procede al filtrado añadiendo agua destilada hasta llegar a un volumen de 100 ml. En esta forma la muestra está lista para establecer el contenido de cobre, para ello se utilizó el Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Los resultados se expresaron en miligramos de cobre por m^2 de área foliar, con base en el peso promedio de los discos.

3.5.2 Cobertura del follaje

La cobertura del follaje fue evaluada de dos maneras: mediante la comparación con un patrón de cubrimiento establecido y por el número de gotas por cm^2 de área foliar.

a) Evaluación de la cobertura según un patrón de cubrimiento establecido

Para comparar la cobertura con un patrón de cubrimiento, se adicionó a la mezcla el trazador fluorescente Lumogen Light Yellow al 0,1% de concentración sobre volumen de la mezcla. Al término de la aspersion las hojas se expusieron a luz ultravioleta para observar la distribución del producto en la superficie.

La metodología de muestreo utilizada fue similar a la del caso anterior, con la diferencia que en este caso la muestra fue de diez plantas por parcela y se tomaron dos hojas por cada posición en un mismo estrato. En esta forma cada muestra estaba constituida por 20 hojas. El espectro fluorescente de las hojas se comparó con una escala diagramática de cobertura con valores de 0 a 10, dividida en pares (Figura 2) similar a la utilizada por Pereira (37).

Las hojas que mostraron un grado de cobertura mayor a cuatro en la escala, se consideraron con cobertura adecuada. Los resultados se expresan en porcentaje de hojas con cobertura interna y externa en las plantas. Se estableció un índice de cobertura para cada estrato, el cual se obtuvo aplicando la fórmula:

$$IC = (CI/CE) \times 100$$

IC: Índice de cobertura.

CI: Cobertura interna.

CE: Cobertura externa.

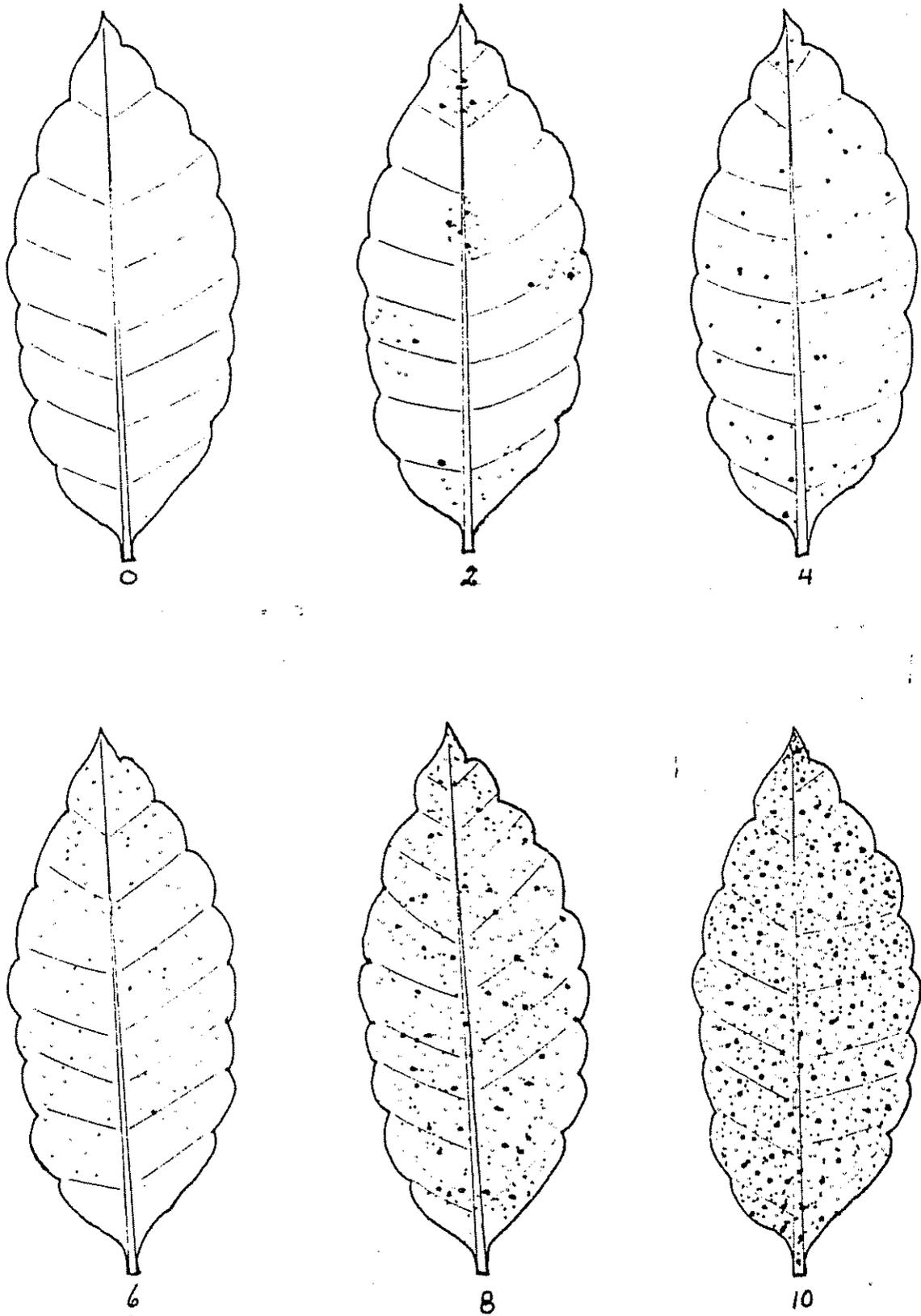


Figura 2. Escala diagramática utilizada en la medición de cobertura de las hojas por el fungicida aplicado.

b) Evaluación de la cobertura mediante la densidad de gotas

Para medir el número de gotas por centímetro cuadrado de área foliar, se tomaron al azar cuatro plantas en la parcela. Se colocaron tarjetas de papel Kromacote de tamaño 12x15 cms, en cada una de las posiciones señaladas anteriormente. Se utilizaron cuatro tarjetas por posición en cada planta. Las tarjetas fueron llevadas al laboratorio y, con ayuda de un microscopio estereoscópico, se contaron las gotas por cm^2 en las muestras. El dato final se obtuvo promediando las lecturas hechas en cada una de las tarjetas.

3.5.3 Residualidad del fungicida en el follaje

Para conocer la persistencia del fungicida en las hojas, en cantidad suficiente para el combate de la roya del cafeto se procedió a realizar un nuevo muestreo, quince días después de la aplicación, en las plantas anteriormente muestreadas y siguiendo la misma metodología del caso anterior.

3.6 Evaluación económica de la aspersión

Teniendo en cuenta que el costo del combate es un criterio muy importante al momento de seleccionar una tecnología de aspersión, se ha incluido en el presente trabajo la evaluación económica de las alternativas en estudio.

Se establecieron los costos de aspersión con cada equipo para cada tamaño de parcela y en cada una de las pendientes, con el propósito de conocer

el comportamiento de los costos al aumentar el tamaño y/o la pendiente del terreno. Posteriormente se calcularon líneas de regresión correspondientes a modelos adecuados, con el fin de extrapolar para extensiones mayores.

Al momento de las aspersiones se tomó la siguiente información:

- Equipo usado, pendiente del terreno, obstáculos para el avance del operario y desarrollo del cultivo.
- Tiempo requerido para: la preparación del equipo, elaboración de la mezcla, calibración del equipo, aspersión de la parcela, reposición de la mezcla del tanque, limpieza de boquillas obstruidas, fallas de funcionamiento.
- Cantidad de mezcla fungicida utilizada por parcela.
- Cantidad de mezcla combustible (gasolina - aceite) gastada por los equipos de motor.
- Número de operarios por equipo.

Los precios de los insumos y equipos se obtuvieron de las casas comerciales dedicadas a la venta de dichos productos.

Los costos totales se clasificaron en: a) costos en efectivo, donde se incluyen todos los gastos incurridos al momento de la aspersión, tales como el fungicida, mano de obra contratada y otros gastos y; b) costos no efectivos en donde se incluyeron aquellos gastos que no requieren un pago inmediato; tales como depreciación de equipos, interés sobre la inversión.

y depreciación de implementos utilizados al momento de realizar las aspersiones.

3.7 Análisis estadístico

Se hizo análisis de varianza de las variables consideradas en la evaluación técnica de la aspersión: cantidad de cobre depositado, cobertura del follaje y residualidad del producto. Se determinaron las diferencias debidas a equipos así como las debidas a estratos (alturas y posiciones de las hojas en las ramas). También se consideraron las variables que inciden directamente en los costos; la cantidad de mezcla gastada y el tiempo requerido, estableciendo diferencias debidas a equipos, pendientes y tamaños de la parcela. El diseño estadístico utilizado tanto para la evaluación técnica como económica de la aspersión fue el de parcelas sub-divididas con arreglo en bloques al azar. En los casos pertinentes se hicieron comparaciones ortogonales para determinar el efecto de los factores correspondientes.

4. RESULTADOS

Con el propósito de cumplir con los objetivos establecidos en el presente trabajo, los resultados se evaluaron desde el punto de vista técnico y desde el punto de vista económico.

4.1 Evaluación técnica

En la evaluación técnica de los equipos considera la cantidad de cobre depositado, su distribución en el follaje y la residualidad del producto.

4.1.1 Cantidad de cobre depositado

El Cuadro 4 presenta la cantidad de cobre depositado en las hojas en diferentes condiciones de pendiente y para cada equipo en la parte interna y externa de la planta.

El análisis de varianza (Cuadro 1A del Apéndice) mostró una cantidad significativamente mayor (al nivel del 0,01) de cobre depositado en las hojas externas, en comparación con las internas de 38,3 a 88,2 respectivamente. Las otras fuentes de variación: equipos, pendientes, estratos y sus interacciones, no presentaron diferencias significativas.

Se observó que las plantas asperjadas con el equipo de presión previa retenida (PPR) presentaron en promedio la mayor cantidad de cobre depositado. La Figura 3 presenta la cantidad promedio de cobre depositado en la planta.

Cuadro 4. Cantidad de cobre depositado en hojas de café (mg de cobre/m² de área foliar) en tres pendientes del terreno con cada equipo de aspersión, en diferentes partes de la planta. Turrialba, 1981.

Pendiente	Equipo	ESTRATO I		ESTRATO II		ESTRATO III		\bar{X}	Promedio Pendiente		
		Interna	Externa	\bar{X}	Interna	Externa	\bar{X}			Interna	Externa
Plana (0 a 20%)	PPV	18,2	71,9	45,0	27,7	105,2	66,5	29,0	39,7	34,4	48,6
	PPR	22,6	108,6	65,6	44,3	91,1	67,7	68,4	95,5	81,9	71,8
	MSM	39,9	64,8	52,3	29,9	65,1	47,5	24,1	37,4	30,7	43,5
	MCM	24,8	109,8	67,3	32,3	90,3	61,3	33,2	48,2	40,7	56,4
Media (21 a 40%)	PPV	25,1	147,5	86,3	29,4	106,4	67,9	47,9	54,1	51,0	68,4
	PPR	43,2	158,2	100,7	30,6	122,3	76,4	69,8	171,5	120,6	99,2
	MSM	26,6	89,6	58,1	52,2	39,2	45,7	44,2	58,7	51,5	51,8
	MCM	37,7	84,5	61,1	28,3	72,8	50,6	37,7	61,0	49,3	53,0
Inclinada 41 a 60%	PPV	28,3	67,3	47,8	18,1	103,8	60,9	36,9	74,7	55,8	54,8
	PPR	27,4	121,6	74,5	46,8	125,4	86,1	85,0	98,1	91,5	84,1
	MSM	42,9	92,7	67,8	50,7	65,9	58,3	43,6	35,9	39,7	55,3
	MCM	49,1	129,0	89,0	39,3	98,1	68,7	44,7	70,1	57,4	71,7
Promedio Posición	32,1	103,8		35,8	90,5		47,0	70,4			
Promedio Estrato			67,9		63,1						58,7

Estrato I: hasta 0,40 m
Estrato II: de 0,41 a 1,5 m
Estrato III: más de 1,5 m

PPV: Equipo de palanca con presión variable; PPR: de presión previa retenida; MSM: de motor sin modificaciones; MCM: de motor con modificaciones.

Promedios de cantidad de cobre depositado en hojas internas= 38,3; en externas= 88,2 (Diferencias significativas al 1%)

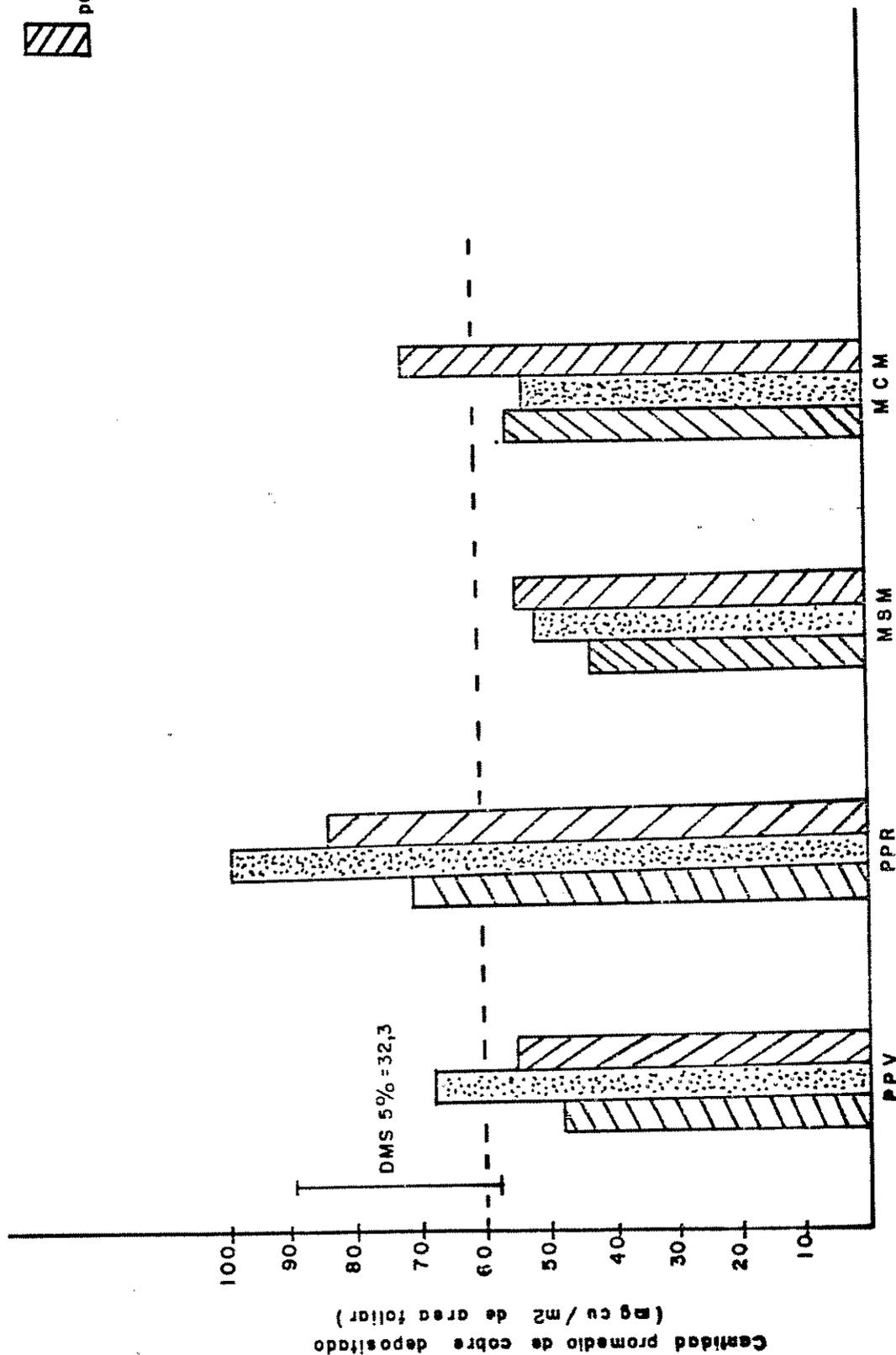
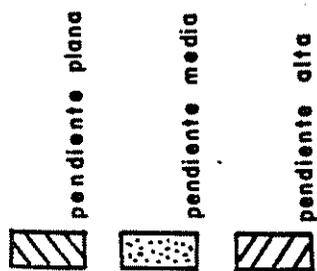


Figura 3 Cantidad de cobre deposita por los equipos en cada una de las pendientes.
 PPV: Equipo de palanca con presión variable ; PPR: Equipo de presión previa retenida ;
 MSM: E. de motor sin modificaciones ; MCM: E. de motor con modificaciones.
 Turrialba, Costa Rica. 1981

por los equipos en cada una de las pendientes evaluadas, en donde la diferencia mínima significativa es de 32,3 mg de cobre.

4.1.2 Distribución del fungicida en el follaje

La cobertura del follaje se midió por comparación con un patrón de cubrimiento y por medio de la densidad de gotas (número de gotas/cm² área foliar).

a) Evaluación de cobertura mediante un patrón de cubrimiento

El Cuadro 5 presenta el porcentaje de hojas con cobertura mayor de 4, (ver Figura 2). El análisis de varianza (Cuadro 1A del Apéndice) mostró diferencias altamente significativas (al nivel de 0,01) entre posiciones; presentándose la mayor cobertura promedio de 68,6% para la posición externa y 34,6% para las hojas internas. La Figura 4 muestra la cobertura lograda con cada uno de los equipos en las posiciones de cada estrato, con una diferencia mínima significativa de 24,3.

En relación con el índice de cobertura obtenido para cada equipo (Cuadro 6), se observa que el mayor promedio en las tres pendientes se logró con el equipo de motor con modificaciones (MCM), seguido en el orden por el equipo de motor sin modificaciones (MSM).

b) Evaluación de cobertura mediante la densidad de gotas

El Cuadro 7 presenta el número de gotas por cm² de área foliar, y el análisis de varianza (Cuadro 1A del Apéndice) muestra diferencias

Cuadro 5. Cobertura del follaje por el fungicida en tres estratos y dos posiciones; media mediante un patrón de cubrimiento para cuatro equipos de aspersión en tres tipos de pendiente. Turrialba, 1981.

Pendiente	Equipo	ESTRATO I		ESTRATO II		ESTRATO III		\bar{X}	Promedio Pendiente
		Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa		
Plana (0 a 20%)	PPV	30*	75	05	40	10	25	17	30
	PPR	53	90	20	85	45	80	62	62
	MSM	70	90	75	95	55	75	65	76
	MCM	35	95	90	95	13	80	46	68
Media (21 a 40%)	PPV	25	70	40	68	30	95	62	54
	PPR	20	85	35	60	80	55	67	55
	MSM	30	55	45	95	30	60	45	52
	MCM	16	30	30	45	50	20	35	32
Inclinada (41 a 60%)	PPV	0	90	20	95	27	50	38	47
	PPR	58	92	42	75	20	100	60	64
	MSM	30	90	75	65	05	20	12	47
	MCM	20	75	16	38	05	25	15	29
Promedio de Posición		32	78	41	71	31	57		
Promedio Estrato								56	44

* Cada dato es promedio de 20 hojas, expresado en porcentaje. La cobertura fue establecida mediante una escala diagramática con valores de 0 a 10 en la cual valores mayores de 4 se consideran con cobertura adecuada.

Promedios de cobertura en la posición interna= 34,6; en la externa= 68,6 (Diferencia significativa al 1%)

-  equipo de palanca con presión variable.
-  equipo de presión previa retenida.
-  equipo de motor sin modificaciones.
-  equipo de motor con modificaciones.

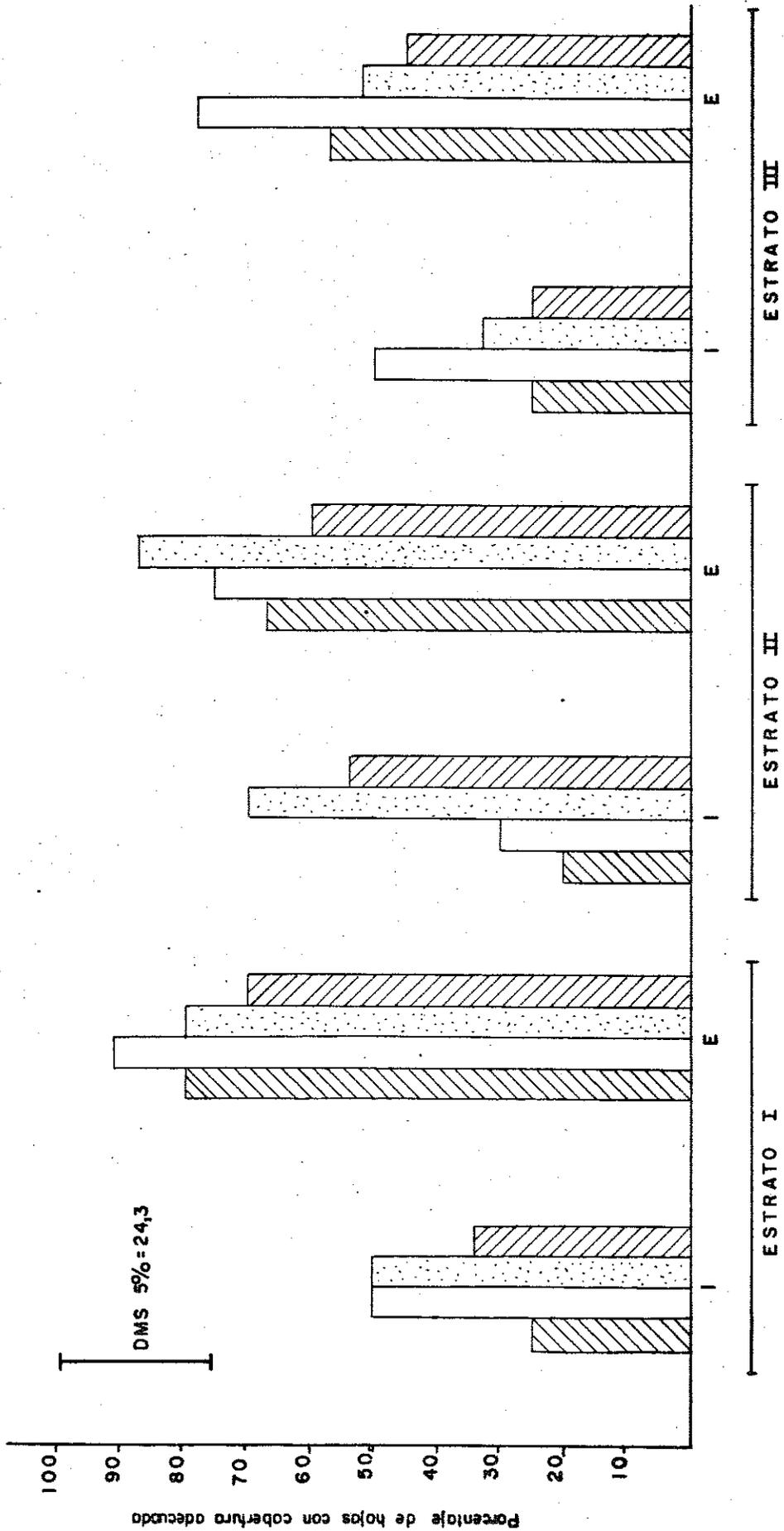


Figura 4 Porcentaje de hojas con cobertura adecuada de fungicida, según escala diagramática, en las diferentes partes de la planta Estrato I: hasta 0.4m ; Estrato II: de 0.4m a 1.5m ; Estrato III: mas que 1.5m. I: posición interna ; E: posición externa. Turrialba, Costa Rica. 1981

Cuadro 6. Índice de cobertura del follaje de café en tres pendientes del terreno con cada equipo de aspersión en diferentes partes de la planta. Turrialba, 1981.

Pendiente	Equipo	Estrato I	Estrato II	Estrato III	\bar{X}	Promedio Pendiente
Plana (0 a 20%)	PPV	40*	13	40	31	50
	PPR	58	24	51	44	
	MSM	77	79	73	76	
	MCM	36	95	16	49	
Media (21 a 40%)	PPV	35	59	31	42	72
	PPR	23	58	145	75	
	MSM	54	47	50	50	
	MCM	53	67	250	123	
Inclinada (41 al 60%)	PPV	00	21	54	25	40
	PPR	63	56	20	46	
	MSM	33	115	25	57	
	MCM	27	42	20	30	
Promedio de estratos		42	56	65		

* Datos expresados en porcentaje y obtenidos mediante la fórmula $IC = (CI \div CE) \times 100$.

IC: Índice de cobertura

CI: Cobertura interna

CE: Cobertura externa

Cuadro 7. Cobertura del follaje en plantas de café (medida por No. de gota/cm² de área foliar) en tres pendientes del terreno, con cada equipo de aspersión y en diferentes partes de la planta. Turrialba, 1981.

Pendiente	Equipo	Estrato I		Estrato II		Estrato III		Promedio Pendiente			
		Interna	Externa	\bar{X}	Interna	Externa	\bar{X}		Interna	Externa	\bar{X}
Plana (0 a 20%)	PPV	33*	63	48	32	89	60	28	58	43	50
	PPR	42	93	67	59	105	82	58	94	76	85
	MSM	60	106	83	97	118	107	89	112	100	97
	MCM	67	116	91	48	107	77	41	89	65	78
Media (21 a 40%)	PPV	37	57	47	41	68	54	32	42	37	46
	PPR	69	159	114	77	134	105	42	89	65	95
	MSM	54	99	76	89	133	111	62	139	100	96
	MCM	59	101	80	39	89	64	52	98	75	73
Inclinada (41 a 60%)	PPV	33	62	47	37	53	45	29	39	34	42
	PPR	47	78	62	92	138	115	53	131	92	89
	MSM	59	113	86	61	128	94	43	99	71	83
	MCM	39	99	69	52	94	73	37	74	55	65
Promedio Posición		50	95		60	105		47	89		
Promedio Estratos				72			82			68	

* Cada dato es el promedio de dos lecturas por tarjeta.

PPV: Equipo de palanca con presión variable; PPR: de presión permanente retenida; MSM: de motor sin modificaciones; MCM: de motor con modificaciones.
Diferencias significativas al 1% entre equipos y entre posiciones.
Diferencias significativas al 5% entre estratos.

significativas entre equipos. Los equipos motorizados depositaron en promedio 82 gotas por centímetro cuadrado y los manuales 66. Entre los manuales el equipo modificado (PPR) depositó el 53% más, con un promedio de 86 contra 46 que depositó el equipo convencional (PPV).

Existen diferencias entre posiciones, observándose la menor cobertura en la parte interna de la planta, con un promedio de 52 gotas/cm² de área foliar, la parte externa presentó en promedio 96.

Las diferencias observadas entre estratos nos indican mejor densidad de gotas en el II con 82 gotas/cm² de área foliar, seguido por el I con 72 y por último el III con 68, independientemente del equipo usado.

4.1.3 Residualidad del producto

Con el propósito de evaluar la persistencia del producto en función de los factores estudiados se hizo una segunda lectura de la cantidad de cobre en las hojas, 15 días después de realizadas las aspersiones, siguiendo la metodología de muestreo utilizada para la primera lectura.

El Cuadro 8 presenta la cantidad de cobre residual quince días después de realizadas las aspersiones. En todos los casos se encontraron cantidades de Cu inferiores a los 60 mg/cm². El análisis de varianza (Cuadro 1A del Apéndice), mostró diferencias altamente significativas entre estratos con promedios de 24 mg de Cu/cm² de área foliar para el I y de 21 y 16 para los estratos II y III respectivamente y diferencias significativas entre posiciones con un promedio de 23 y 18 mg de Cu/m² de área foliar para la posición

Cuadro 8. Cantidad de cobre residual (mg de Cu/m² de área foliar) quince días después de realizada la aspersión, considerando tres pendientes del terreno y cuatro equipos de aspersión. Turrialba, 1981.

Pendiente	Equipo	ESTRATO I		ESTRATO II		ESTRATO III		Promedio Pendiente			
		Interna	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa				
Plana (0 a 20%)	PPV	35,3	41,9	38,6	19,0	45,0	32,0	18,7	29,5	24,1	31,6
	PPR	17,2	18,3	17,7	13,9	19,3	16,6	20,7	25,2	22,9	19,1
	MSM	24,7	18,1	21,4	21,0	22,0	21,5	18,8	16,1	17,4	20,1
	MCM	31,5	33,3	32,4	23,9	18,7	21,3	10,6	10,1	10,3	21,3
Media (21 a 40%)	PPV	43,4	52,6	48,0	22,1	29,7	25,9	23,3	18,9	21,1	31,7
	PPR	32,8	18,4	25,6	27,1	15,6	21,3	33,2	8,6	20,9	22,6
	MSM	12,5	22,5	17,5	27,4	14,8	21,1	9,6	6,2	7,9	13,4
	MCM	16,5	9,8	13,2	11,0	19,4	15,2	9,6	5,4	7,5	12,0
Inclinada (41 a 60%)	PPV	17,5	12,2	14,8	15,8	7,8	11,8	13,9	8,0	10,9	12,5
	PPR	20,7	10,2	15,4	24,5	16,5	20,5	30,0	9,8	19,9	18,6
	MSM	50,9	14,7	32,8	42,3	16,2	29,2	23,7	12,9	18,3	26,8
	MCM	17,5	12,7	15,1	16,1	11,6	13,8	17,8	5,3	11,5	13,5
Promedio Posición	26,7	22,0		22,0	19,7		19,2	13,0			
Promedio Estrato			24,4			20,8					16,1

PPV: Equipo de palanca con presión variable; PPR: de presión permanente retenida; MSM: de motor sin modificaciones; MCM: de motor con modificaciones.

Diferencias significativas al 1% entre estratos.

Diferencias significativas al 5% entre posiciones, cantidad de cobre en posición interna 22,6 y en posición externa 18,2.

interna y externa respectivamente. La comparación de ortogonales entre estratos indica que la cantidad de cobre residual disminuye al pasar a los estratos superiores. En algunos casos se pudo observar un incremento con relación a los estratos II y III de la cantidad de cobre residual en el estrato inferior: ver Figura 5.

Con el fin de establecer la cantidad de cobre removido y redistribuido en la planta, el Cuadro 9 relaciona la cantidad de cobre depositado al momento de la aspersión, con la cantidad residual quince días después.

Se encontraron diferencias entre los Equipos, entre las Posiciones y en las interacciones Posiciones x Equipo y Posición x Altura (Cuadro 1A, del Apéndice). También se encontró que la Pendiente y la interacción Altura x Equipo, mostró diferencias significativas. La comparación entre los equipos manuales indica que las plantas que fueron asperjadas con el equipo de presión previa retenida (PPR) perdieron, por lavado o redistribución, la mayor cantidad de cobre.

Entre los motorizados, el equipo con modificaciones presentó la mayor cantidad de cobre removido. Al comparar los equipos manuales con los motorizados se observó que las parcelas asperjadas con los manuales presentaron menor remoción del producto.

4.2 Evaluación económica

La evaluación económica se basa en el establecimiento de los costos para cada una de las alternativas en estudio. Los costos se ajustaron mediante

 pendiente plana.
 pendiente media.
 pendiente alta.

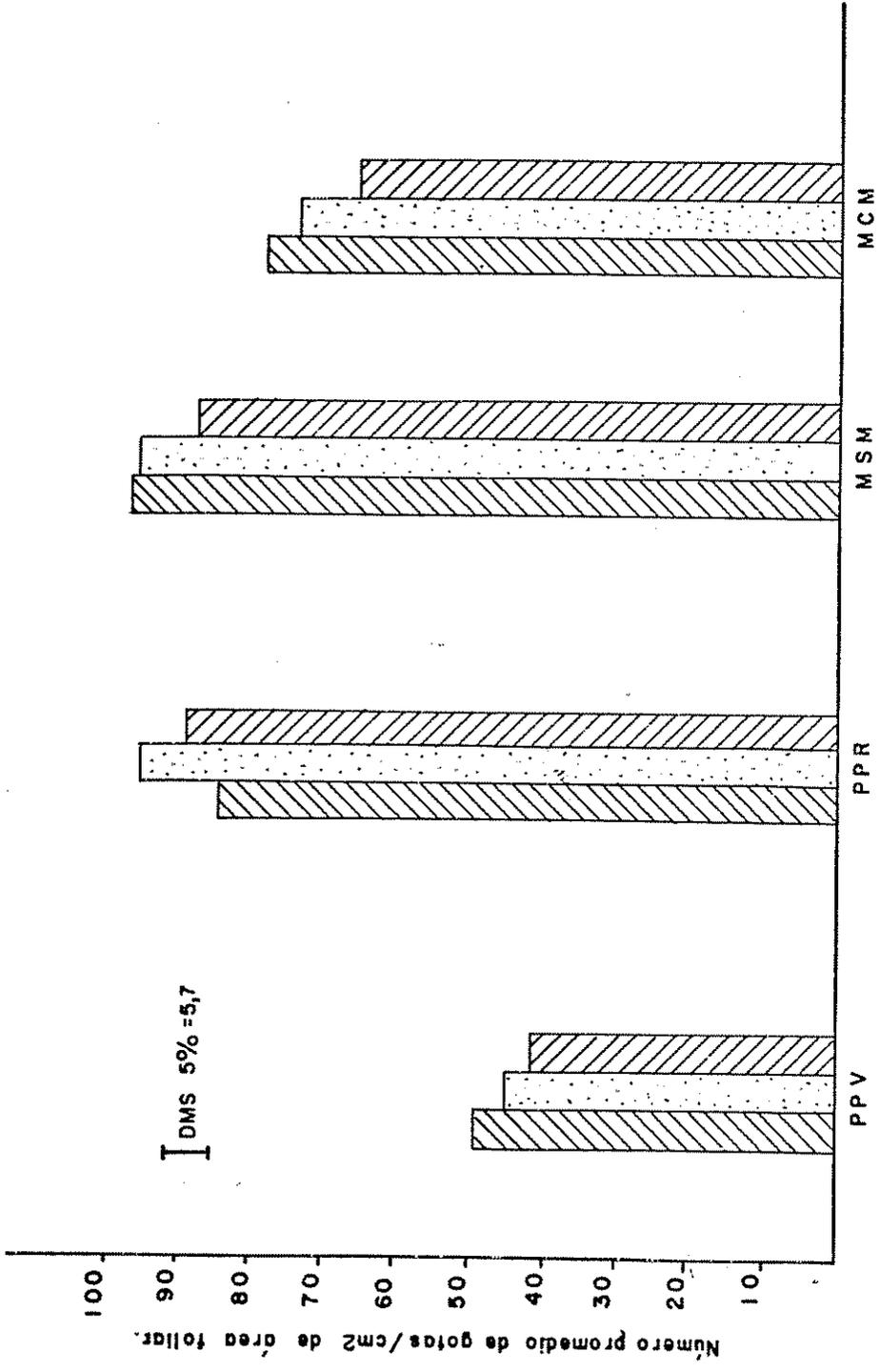


Figure 5. Número promedio de gotas/cm² de área foliar producido por cada uno de los equipos en las pendientes consideradas.
 PPV: Equipo de palanca con presión variable; PPR: Equipo de presión previa retenida; MSM: E. de motor sin modificaciones; MCM: E. de motor con modificaciones.
 Turrialba, Costa Rica. 1981

Cuadro 9. Cantidad de cobre removido (en mg/m² de área foliar), quince días después de la aspersión, en tres pendientes del terreno y en diferentes partes de la planta. Turrialba, 1981.

Pendiente	Equipo	ESTRATO I		ESTRATO II		ESTRATO III		\bar{X}	Promedio Pendiente		
		Interna	Externa	\bar{X}	Interna	Externa	\bar{X}			Interna	Externa
Plana (0 a 20%)	PPV	-17,1	29,9	6,4	08,7	60,2	34,4	10,3	10,2	10,2	17,0
	PPR	05,4	90,3	47,8	30,4	71,8	51,1	47,7	70,4	59,0	52,7
	MSM	15,2	46,6	30,9	08,9	43,0	25,9	05,3	21,3	13,3	23,4
	MCM	-06,7	76,6	34,9	08,4	71,6	40,0	22,5	38,2	30,3	35,1
Media (21 a 40%)	PPV	-18,3	94,9	38,3	07,3	76,6	41,9	24,6	35,2	29,9	36,7
	PPR	10,4	139,9	75,1	03,5	106,6	55,0	36,6	162,5	99,5	76,6
	MSM	14,2	67,2	40,7	24,8	24,4	24,6	34,6	52,5	43,5	36,3
	MCM	21,0	74,7	47,8	17,3	53,4	35,3	28,2	55,6	41,9	41,7
Inclinada (41 a 60%)	PPV	10,7	55,2	32,9	02,3	96,1	49,2	23,1	66,6	44,8	42,3
	PPR	06,8	111,4	59,1	22,3	108,9	65,6	55,0	88,3	71,6	65,5
	MSM	-8,0	78,0	35,0	08,4	49,7	29,0	19,8	23,0	21,4	28,5
	MCM	31,7	116,2	73,9	23,2	86,5	54,8	26,9	64,8	45,8	58,2
Promedio Posición		65,3	81,7		43,6	70,7		27,8	57,4		
Promedio Estrato				43,6			42,2			42,6	

PPV: Equipo de palanca con presión variable; PPR: de presión permanente retenida; MSM: de motor sin modificaciones; MCM: de motor con modificaciones.

Diferencia significativas al 1% entre equipos, posiciones, posición x equipo, posición x estrato.
Diferencia significativas al 5% entre pendientes y la interacción estrato x equipo.

modelos lineales y exponenciales a través de regresiones.

Al evaluar los costos de la aspersión se consideró importante estudiar el volumen de líquido utilizado y el tiempo requerido en la aspersión.

El Cuadro 10, resume los resultados del volumen de líquido utilizado para cada equipo en las pendientes consideradas. Se encontraron diferencias altamente significativas entre los equipos y entre los tamaños de parcela (Cuadro 2A del Apéndice). La comparación entre los equipos manuales, muestra que el equipo de palanca con presión variable (PPV), gastó el mayor volumen de líquido por parcela, promediando 404 l/ha y el modificado PPR 209 l/ha. Entre los equipos motorizados no se encontraron diferencias significativas. Al comparar los manuales y los motorizados se encontró que los primeros utilizan mayor volumen de líquido por unidad de área.

En relación al tiempo, el Cuadro 11 presenta los resultados para cada equipo en las pendientes consideradas. Al hacer el análisis de varianza (Cuadro 2A del Apéndice) se observaron diferencias altamente significativas entre Pendientes, Equipos y Tamaños de parcela y para las interacciones Tamaño x Pendiente y Tamaño x Equipo. Las comparaciones de contrastes ortogonales indican que en las condiciones del estudio, entre los equipos manuales, el equipo de presión previa retenida (PPR) gasta el mayor tiempo en la aspersión. Entre los motorizados no hubo diferencias significativas. La comparación, entre manuales y motorizados indica que los primeros requieren más tiempo en la aspersión de las parcelas.

Cuadro 10. Volumen de líquido gastado por hectárea en la aspersión de cafetales, con cada equipo y para cada pendiente del terreno, considerando cuatro tamaños diferentes de parcela. Turrialba, 1981.

Pendiente	Equipo	TAMAÑO DE PARCELA				Promedio pendiente
		372 m ²	744 m ²	1116 m ²	1488 m ²	
Plana (0 a 20%)	PPV	390*	384	380	384	384
	PPR	196	183	175	177	181
	MSM	205	193	204	205	200
	MCM	124	103	101	100	107
Media (21 a 40%)	PPV	323	377	411	431	385
	PPR	198	184	225	263	217
	MSM	224	258	301	253	259
	MCM	121	111	109	111	113
Inclinada (41 a 60%)	PPV	511	397	416	441	441
	PPR	180	276	241	221	229
	MSM	157	200	191	229	194
	MCM	166	157	168	182	168
Promedio tamaño de parcela		233	235	243	250	258

* Cantidad de líquido expresado en l/ha.

PPV: Equipo de palanca con presión variable; PPR: de presión previa retenida; MSM: de motor sin modificaciones; MCM: de motor con modificaciones.

Diferencias significativas al 1% entre equipos y entre tamaño de parcela.
Diferencias significativas al 5% en la interacción equipo x pendiente.

Cuadro 11. Tiempo de aspersión, expresado en horas/hectárea, en cafetales con cada equipo y para cada pendiente del terreno. Turrialba, 1981.

Pendiente	Equipo	TAMAÑO DE PARCELA				Promedio pendiente
		372 m ²	744 m ²	1116 m ²	1488 m ²	
Plana (0 a 20%)	PPV	24,48	20,84	19,02	17,10	19,86
	PPR	28,36	25,02	20,66	19,08	23,28
	MSM	19,41	13,14	10,85	09,61	13,25
	MCM	17,58	11,42	09,58	08,46	11,76
Media (21 a 40%)	PPV	26,46	19,11	15,36	14,09	18,76
	PPR	34,24	22,76	19,22	17,36	23,40
	MSM	23,22	13,62	11,04	09,23	14,28
	MCM	25,91	15,53	12,44	10,68	16,14
Inclinada (41 a 60%)	PPV	30,84	22,51	19,19	17,68	25,56
	PPR	35,62	24,04	22,08	19,54	22,32
	MSM	26,29	16,02	13,29	11,11	16,68
	MCM	31,66	19,98	16,08	14,36	20,52
Promedio Tamaño de Parcela 27,01		18,66	15,73	14,02		

PPV: Equipo de palanca con presión variable; PPR: de presión previa retenida; MSM: de motor sin modificaciones; MCM: de motor con modificaciones.

Diferencias significativas al 1% entre pendientes, equipos, tamaño de parcela y las interacciones tamaño x equipo y tamaño x pendiente.

El Cuadro 12 muestra la velocidad promedio a la cual se desplazó el operario al momento de realizar las aspersiones en cada pendiente. Se puede observar una reducción en la velocidad de caminado conforme se incrementa la pendiente del terreno.

4.2.1 Costos de aspersión

Teniendo en cuenta el costo de los insumos, la mano de obra y los equipos al momento de realizar las aspersiones, se estimó el valor de las aspersiones para cada pendiente, como aparece en los Cuadros 13, 14, 15 y 16.

Los costos totales se separaron en: costos en efectivo, que comprende todos aquellos gastos monetarios al momento de la aspersión, tales como: el fungicida, la mano de obra y combustible y lubricante en el caso de los equipos motorizados; costo no efectivo, que reúne la depreciación del equipo, uso de otros implementos como mascarillas, guantes, botas, el interés sobre el capital, reparaciones, repuestos y el transporte del agua.

La Figura 6 muestra como se distribuyen los costos totales en los diferentes rubros considerados. Se puede observar que el costo del fungicida constituye el más alto porcentaje de los costos totales.

4.2.2 Ajuste de curvas de costos

En base a los costos totales establecidos para los cuatro tamaños de parcela, se probaron modelos de regresión lineales y exponenciales los cuales se extrapolaron a extensiones mayores de una hectárea (Cuadro 17 y

Cuadro 12. Velocidad de desplazamiento del operario (en m/min) en la aspersión de cafetales, con cada equipo y para cada pendiente del terreno considerada. Turrialba, 1981.

EQUIPOS	PENDIENTE DEL TERRENO			
	Plana	Medía	Inclinada	\bar{X}
De presión variable (PPV)	19,2*	15,0	13,6	15,9
De presión previa retenida (PPR)	17,4	15,8	13,8	15,6
De motor sin modificaciones (MSM)	41,8	35,5	35,1	37,5
De motor con modificaciones (MCM)	37,9	36,4	29,8	34,7

* Valores promedio expresados en metros/minuto.

Cuadro 13. Costo de aspersión por hectárea con el equipo de palanca con presión variable (PPV) en las tres pendientes consideradas. Turrialba, 1982.

	PENDIENTE PLANA	PENDIENTE MEDIA	PENDIENTE ALTA
<u>Costos en efectivo</u>			
Aplicador <u>1/</u>	213,89	230,70	242,85
Ayudante <u>2/</u>	160,61	173,02	182,15
Fungicida (Cupravit) <u>3/</u>	809,70	809,70	809,70
SUBTOTAL	∅1.184,20	∅1.213,42	∅1.234,70
<u>Costos no efectivos</u>			
Transporte de agua <u>4/</u>	76,60	83,35	85,60
Depreciación equipo <u>5/</u>	60,71	65,50	69,30
Interés S/inversión (12%)	6,32	6,85	6,85
Reparaciones y repuestos	27,75	27,75	27,75
Depreciación de otros implementos	40,87	40,87	40,87
SUB TOTAL	∅ 212,25	∅ 224,32	∅ 230,37
COSTO TOTAL	∅1.396,45	∅1.437,74	∅1.465,07

Precios actualizados a marzo 1982 (1 \$ U.S. = 36,50 colones costarricenses)

1/ Costo del jornal de 6 hrs. ∅75,05

2/ Costo del jornal de 6 hrs. ∅56,29

3/ Precio del kg de cupravit ∅134,95

4/ Transporte de agua se estimó ∅0,2 el litro

5/ Para la depreciación se estimó 1.000 hrs. de vida útil

Cuadro 14. Costo de aspersión por hectárea con el equipo de presión previa retenida (PPR) en las tres pendientes consideradas. Turrialba, 1982.

	PENDIENTE PLANA	PENDIENTE MEDIA	PENDIENTE ALTA
<u>Costos en efectivo</u>			
Aplicador <u>1/</u>	238,66	240,50	245,50
Ayudante <u>2/</u>	178,62	180,38	184,15
Fungicida (cupravit) <u>3/</u>	809,70	809,70	809,70
SUBTOTAL	∅1.226,98	∅1.230,58	∅1.239,35
<u>Costos no efectivos</u>			
Transporte de agua <u>4/</u>	34,27	35,40	36,60
Depreciación de equipo <u>5/</u>	79,18	79,70	81,15
Interés S/inversión 12%	8,25	8,30	8,30
Reparaciones y repuestos	38,60	38,60	38,60
Depreciación otros impuestos	40,87	40,87	40,87
SUBTOTAL	∅ 201,17	∅ 202,87	∅ 205,52
COSTO TOTAL	∅1.428,15	∅1.433,45	∅1.444,87

Precios actualizados a marzo 1982 (1\$ U.S. + 36,50 colones costarricenses).

1/ Costo del jornal de 6 hrs ∅75,05

2/ Costo del jornal de 6 hrs ∅56,29

3/ Precio del kg de cupravit ∅134,95

4/ Transporte de agua se estimó ∅0.2 el litro

5/ Para la depreciación se estimó 1.000 hrs de vida útil

Cuadro 15. Costo de aspersión por hectárea con el equipo de motor sin modificaciones (MSM) en las tres pendientes consideradas. Turrialba, 1982.

	PENDIENTE PLANA	PENDIENTE MEDIA	PENDIENTE ALTA
<u>Costos en efectivo</u>			
Aplicador <u>1/</u>	120,08	122,50	139,12
Ayudante <u>2/</u>	90,06	92,00	104,34
Fungicida (Cupravit) <u>3/</u>	809,70	809,70	809,70
Gasolina <u>4/</u>	98,15	97,80	97,76
Aceite (2T) <u>5/</u>	19,59	20,59	20,93
SUBTOTAL	∅1.137,58	∅1.142,59	∅1.171,85
<u>Costos no efectivos</u>			
Transporte de agua <u>6/</u>	41,20	43,10	45,78
Depreciación de equipo <u>7/</u>	163,18	166,30	188,65
Interés S/inversión (12%)	16,98	16,98	16,98
Reparaciones y repuestos	84,92	84,92	84,92
Depreciación otros implementos	40,87	40,87	40,87
SUBTOTAL	∅ 347,09	∅ 352,17	∅ 377,20
COSTO TOTAL	∅1.484,67	∅1.494,76	∅1.549,05

Precios actualizados a marzo 1982 (1\$ U.S. = 36,50 colones costarricenses).

1/ Costo del jornal de 6 hrs ∅75,05

2/ Costo del jornal de 6 hrs ∅56,29

3/ Precio del kg de Cupravit ∅134,95

4/ Precio del litro de gasolina ∅13,00

5/ Precio del litro de aceite (2T) ∅65,30

6/ Transportes de agua se estimó ∅0,2 litro

7/ Para la depreciación se estimó 1.000 hrs de vida útil

Cuadro 16. Costo de aspersión por hectárea con el equipo de motor con modificaciones (MCM) en las tres pendientes consideradas. Turrialba, 1982.

	PENDIENTE PLANA	PENDIENTE MEDIA	PENDIENTE ALTA
<u>Costos en efectivo</u>			
Aplicador <u>1/</u>	105,82	139,00	179,66
Ayudante <u>2/</u>	79,36	104,25	134,67
Fungicida (Cupravit) <u>3/</u>	809,70	809,70	809,70
Gasolina <u>4/</u>	74,75	86,85	86,50
Aceite (2T) <u>5/</u>	15,02	17,37	17,70
SUBTOTAL	∅1.084,65	∅1.157,17	∅1.228,23
<u>Costos no efectivos</u>			
Transporte de agua <u>6/</u>	35,20	44,20	36,30
Depreciación de equipo <u>7/</u>	150,25	197,14	254,68
Interés S/inversión (12%)	15,39	15,50	15,30
Reparaciones y repuestos	86,92	86,92	86,92
Depreciación otros impuestos	40,87	40,87	40,87
SUBTOTAL	∅ 328,63	∅ 384,63	∅ 434,07
COSTO TOTAL	∅1.413,28	∅1.541,80	∅1.662,30

Precios actualizados a marzo 1982 (1 \$ U.S. = 36,50 colones costarricenses).

1/ Costo del jornal de 6 hrs ∅75,05

2/ Costo del jornal de 6 hrs ∅56,29

3/ Precio del kg de Cupravit ∅134,95

4/ Precio del litro de gasolina ∅13,00

5/ Precio del litro de aceite (2T) ∅65,30

6/ Transporte de agua se estimó ∅0,2 litro

7/ Para la depreciación se estimó 1.000 hrs de vida útil

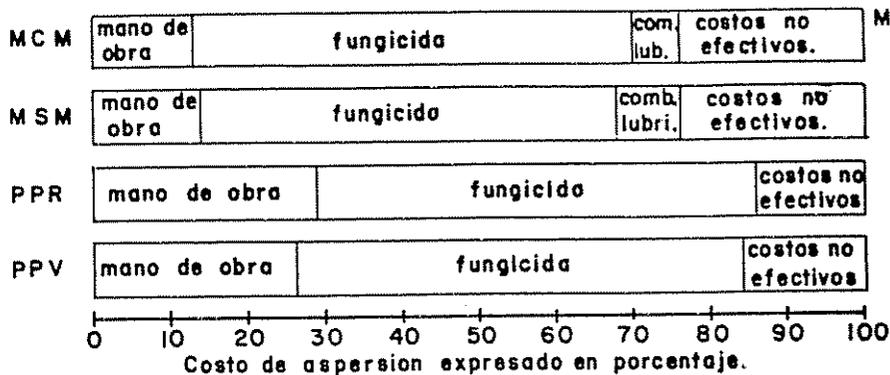
PPV: Equipo de palanca con presión variable.

PPR: E. de presión previa retenida.

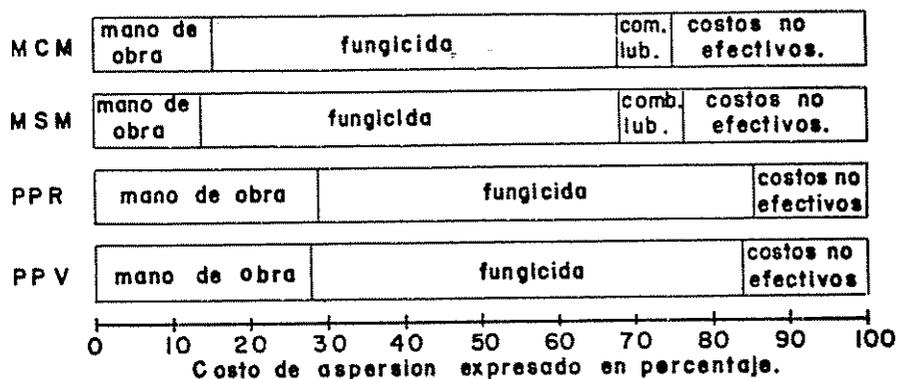
MSM: E. Motor sin modificaciones.

MCM: E. Motor con modificaciones.

Pendiente plana (0 - 20 %)



Pendiente media (21 - 40 %)



Pendiente alta (41 - 60 %)

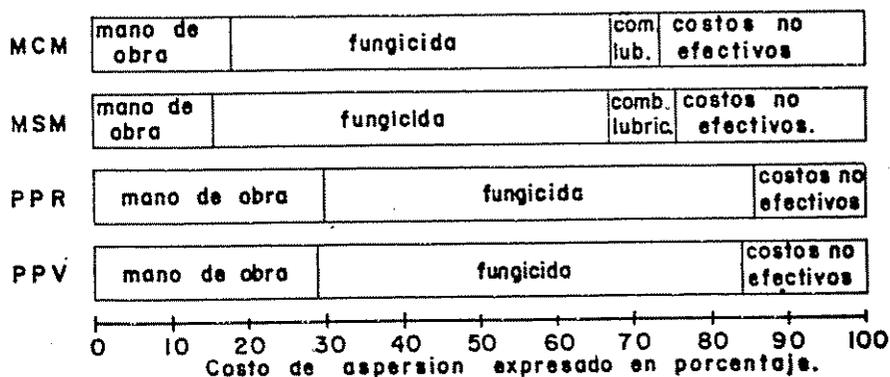


Figura 6 Distribución porcentual de los costos de aspersión para cada equipo en las pendientes consideradas.

Cuadro 17. Modelos de regresión lineal y exponencial para los costos de aspersión basados en los costos totales de los cuatro tamaños de parcela considerados.

EQUIPO	ECUACION LINEAL	ECUACION EXPONENCIAL
De presión variable (PPV)	$Y=12,87+0,125X$	$Y=0,310X^{0,884}$
De presión previa retenida (PPR)	$Y=24,44+0,121X$	$Y=0,626X^{0,791}$
De motor sin modificaciones (MSM)	$Y=26,29+0,128X$	$Y=0,635X^{0,798}$
De motor con modificaciones (MMC)	$Y=28,33+0,130X$	$Y=0,695X^{0,788}$

Y: costo total expresado en colones.

X: extensión en metros cuadrados.

El R^2 en todos los casos fue altamente significativo con valores entre 0,95 y 1.

Cuadro 18. Modelos de regresión lineal y exponencial para los costos de aspersión basados en costos de parcelas experimentales y en las estimaciones hechas para extensiones mayores a una hectárea.

EQUIPO	ECUACION LINEAL	ECUACION EXPONENCIAL
De presión variable (PPV)	$Y=41,60+1362,129X$	$Y=1430,311X^{0,982}$
De presión previa retenida (PPR)	$Y=34,66+1372,374X$	$Y=1361,599X^{1,002}$
De motor sin modificaciones (MSM)	$Y=75,65+1407,344X$	$Y=1521,626X^{0,971}$
De motor con modificaciones (MCM)	$Y=30,37+1420,804X$	$Y=1372,839X^{1,014}$

Y: costo total expresado en colones.

X: extensión en hectáreas (1 ha = 10000 m²)

El R^2 en todos los casos fue altamente significativo con valores entre 0,93 y 1.

Figuras 7, 8, 9 y 10). El coeficiente de correlación para estos casos fue uno o cercano a uno.

Se observó que para extensiones mayores a una hectárea, la extrapolación daba un costo apartado de la realidad, por lo que se procedió a probar los mismos modelos pero esta vez agregándole estimaciones de costos totales para extensiones mayores de dos hectáreas (Cuadro 18 y Figuras 7, 8, 9 y 10). En estos casos se mantiene el coeficiente de correlación en uno o cercano a uno.

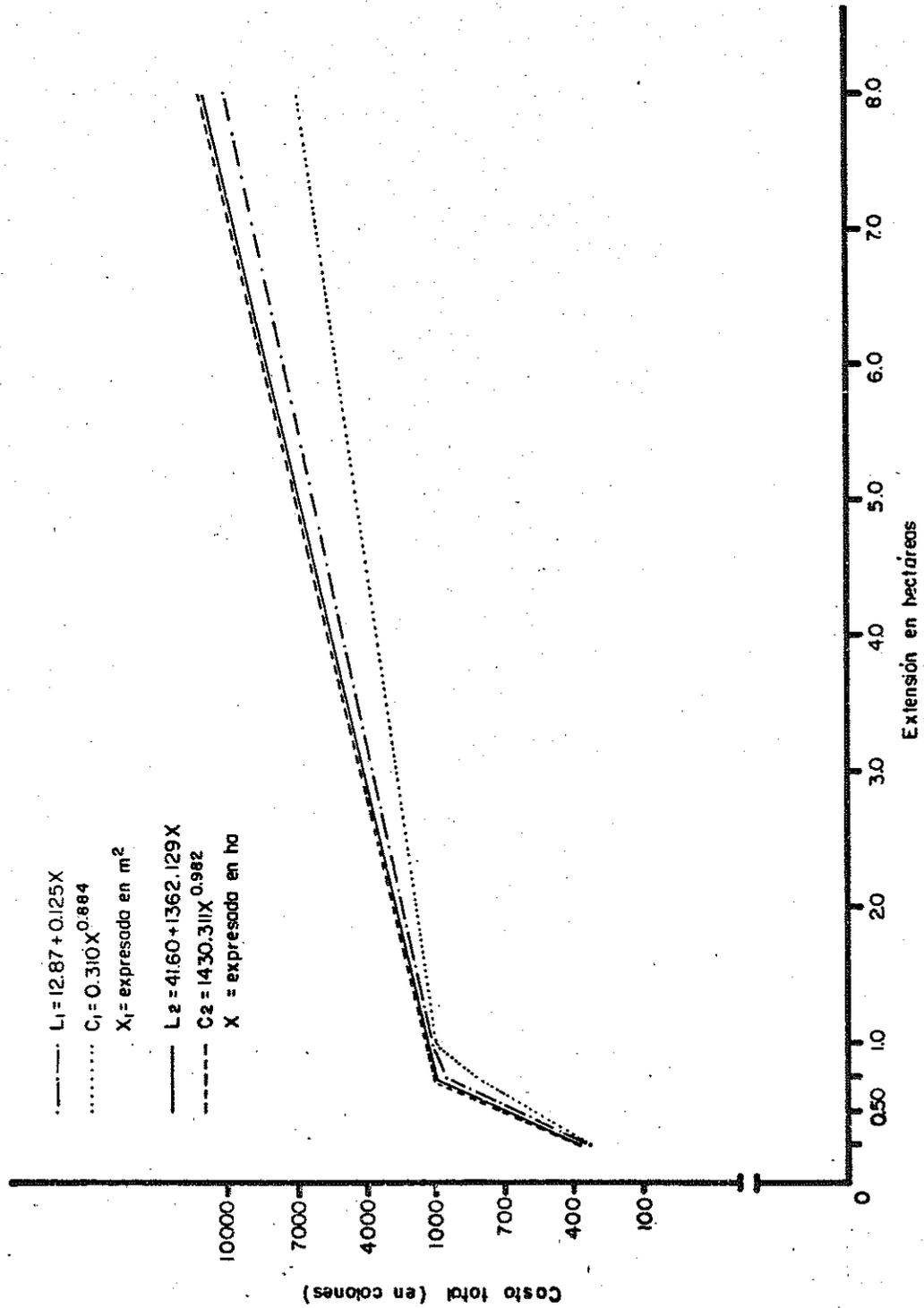


Fig. 7 Curvas lineales y exponenciales de los costos totales, para aspersiones hechas con el equipo de palanca de presión variable (P.P.V.), proyectadas a extensiones mayores de una ha(10000m²)

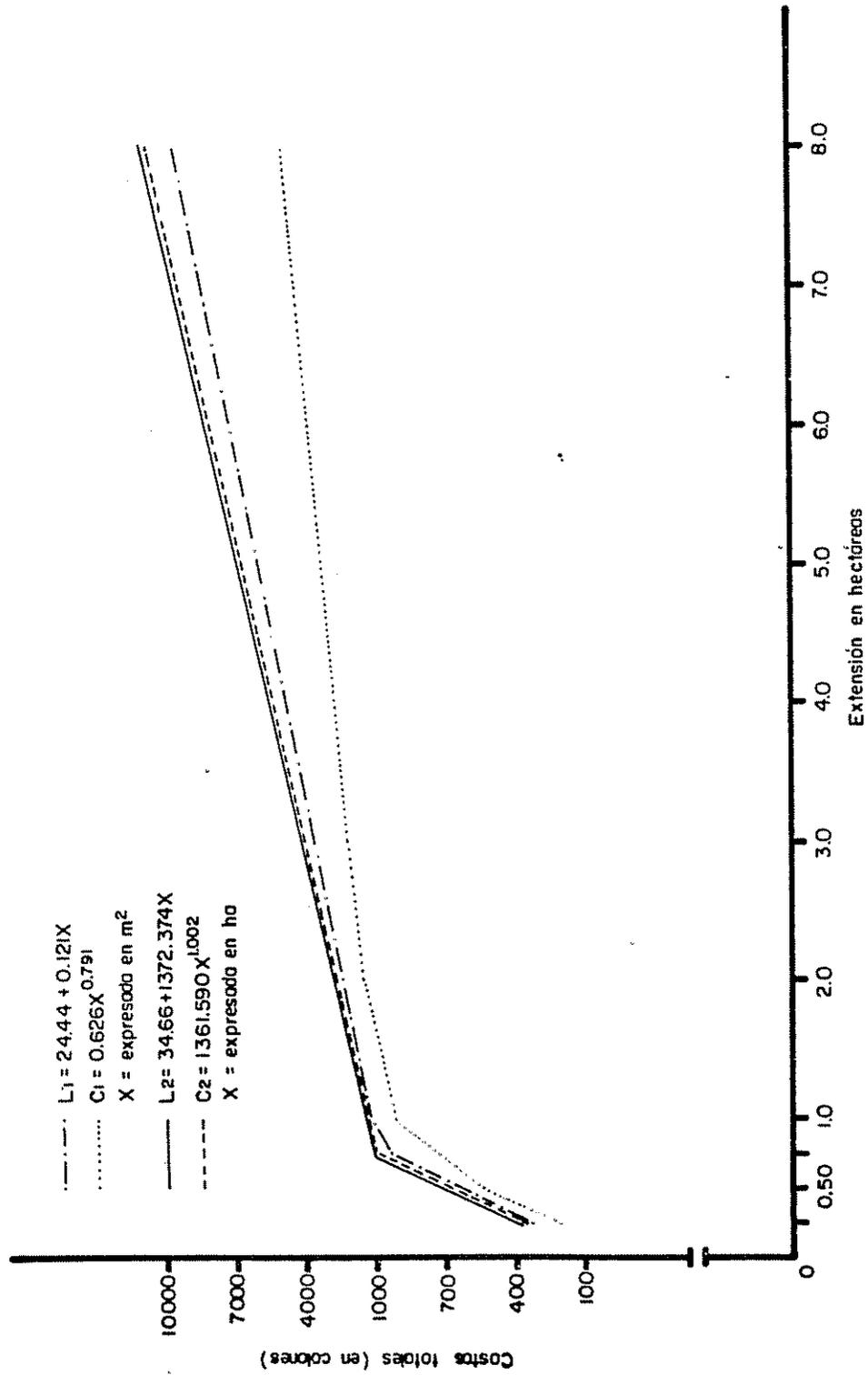


Fig. 8 Curvas lineales y exponenciales de los costos totales, para aspersiones hechas con el equipo de presión previa retenida (P.P.R.) proyectadas a extensiones mayores de una hectárea (10000m²)

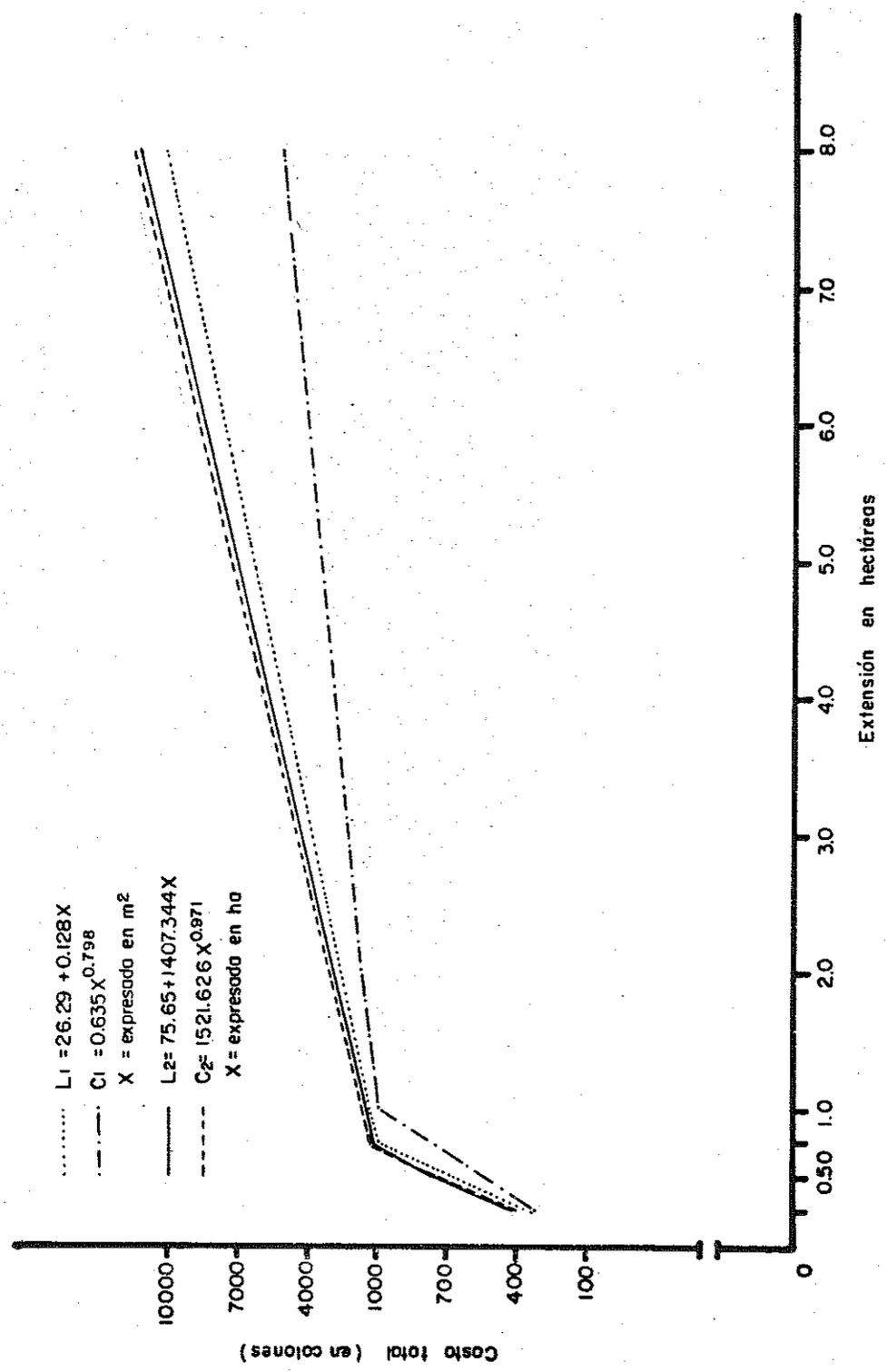


Fig. 9 Curvas lineales y exponenciales de los costos totales, para aspersiones hechas con el equipo de motor sin modificaciones (M.S.M.) proyectadas a extensiones mayores de 1 hectárea (10000 m²)

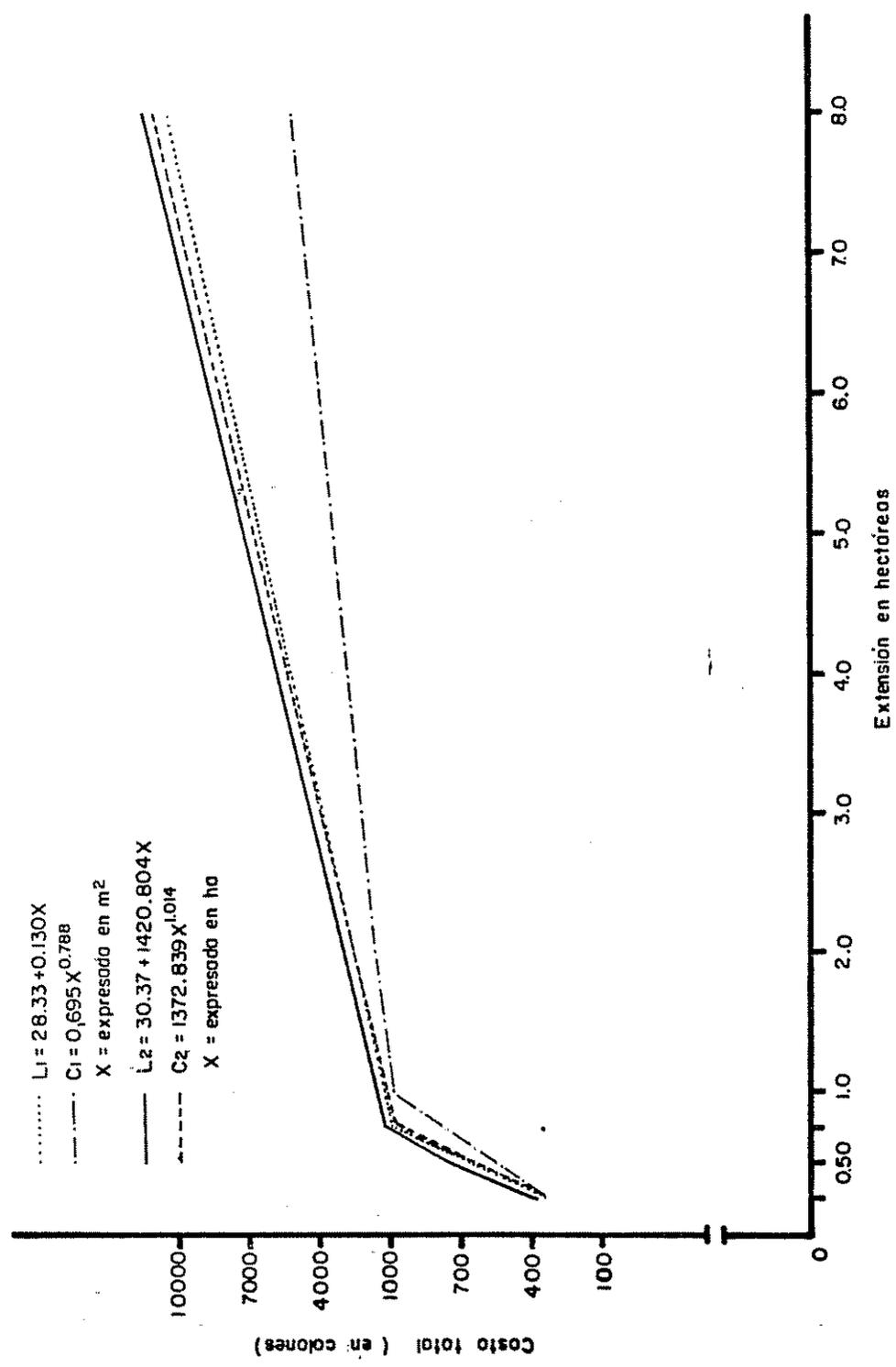


Fig. 10 Curvas lineales y exponenciales de los costos totales, para aspersiones hechas con el equipo de motor con modificaciones (M.C.M.), proyectadas a extensiones mayores de 1ha (10000m²)

5. DISCUSION

5.1 Evaluación técnica

La evaluación técnica de los equipos permitió establecer diferencias en cuanto la calidad de la aspersion y estimar su eficiencia en el posible combate de la roya del cafeto.

A. Cantidad de cobre depositado en el follaje

Todos los equipos depositaron en promedio cantidades de cobre adecuadas, cercanas a los 60 mg/m^2 de área foliar, lo cual se esperaba que sucediera, debido a que se habían calibrado para ello.

Al analizar la cantidad de cobre depositado en la planta por los cuatro equipos, en las tres pendientes, solo se observaron diferencias significativas cuando se comparó el depósito en la parte interna con el de la externa. La falta de diferencias significativas entre los equipos, pendientes y estratos se debe al trabajo previo con los operadores para calibrar los equipos en cada condición.

La mayor cantidad de fungicida fue depositado en hojas externas, por estar expuestas al impacto de la aspersion, lo cual se considera puede ser beneficioso teniendo en cuenta que estas hojas son las más accesibles al impacto de las gotas de lluvia facilitando la redistribución del producto a las demás partes de la planta.

En algunos casos se encontró bajas concentraciones de cobre en las hojas lo cual pudo deberse al método de muestreo utilizado, donde se toma el promedio de las lecturas de la parte interna y externa de las bándolas a tres diferentes alturas de la planta.

En Brasil se ha demostrado que dosis menores a 60 mg/m^2 son efectivas para el combate de la roya. La mayor parte de la investigación en combate químico indica que la dosis de cobre está entre 1 y 2,5 kg/ha a pesar de que el café se cultiva con 4 plantas por sitio, variedades de porte alto y 1000 plantas por hectárea, que dan un área foliar superior a los $80 \text{ m}^2/\text{planta}$. Si se calcula la cantidad de cobre requerida para una hectárea con base en los 60 mg de Cu, se necesitarían 4,8 kg de cobre o sea 9,6 kg de un fungicida del 50% de ingrediente activo. Se ha sacado como conclusión de esta observación que aparentemente es más importante la uniformidad en la distribución del fungicida que la misma dosis (38).

La dosis de 60 mg debe de considerarse más bien como un objetivo general a alcanzar, que como una dosis fija a calcular por hectárea, ya que esta cantidad debería calcularse por investigación. Es así como la dosis de 60 mg para las condiciones de Brasil es excesiva.

En la Figura 3 se puede ver que el equipo de presión previa retenida (PPR) depositó en el follaje, en promedio de las tres pendientes la mayor cantidad de cobre 85 mg/m^2 . Esto posiblemente se debe al tipo de boquilla utilizado, la cual produce gotas muy uniformes de diámetro pequeño y en alta cantidad. Otra característica importante de este equipo es la facilidad

de regular la presión de salida, que permite la formación de gotas de un tamaño uniforme. El tamaño pequeño de las gotas facilita también la mayor penetración del producto en la planta.

Cuando se asperja con los equipos motorizados, el aire que expulsa el motor crea una turbulencia que ayuda a distribuir el fungicida en la planta. Este fenómeno ha sido constatado por varios investigadores (6, 8).

En términos generales, se observó que en los estratos superiores de la planta se logró una mayor penetración del producto. En la parte alta hay menor follaje, las ramas son más cortas y forman ángulos más abiertos; esto facilita la penetración del producto a las hojas internas. En los estratos inferiores la mayor concentración se dió en las hojas externas puesto que estas forman una barrera física a la penetración de la mezcla.

En cuanto a las modificaciones introducidas en los equipos se puede señalar que, entre los manuales, el equipo de presión previa retenida (PPR) depositó la mayor cantidad de cobre en el follaje. Entre los equipos motorizados las diferencias no son tan marcadas, aunque siempre se observó una tendencia del equipo de motor con modificaciones, a depositar mayor cantidad de cobre.

B. Evaluación de la cobertura

b.1 Patrón de cobertura establecido:

Como era de esperarse, las hojas externas presentaron el mayor porcentaje de cobertura por estar más expuestas.

Se observó que el mayor porcentaje de hojas con cobertura adecuada se logró en la pendiente plana, el cual disminuye conforme aumenta la pendiente. Esto se explica por la dificultad del operario para caminar en las pendientes mayores.

Las modificaciones hechas a los equipos manuales mejoraron notoriamente la cobertura de las hojas, lo que no sucedió con los equipos a motor. Esto se puede evidenciar al comparar en el Cuadro 5 los promedios de cobertura en las diferentes pendientes que fue para los equipos sin modificaciones 43,6% y de 60,0% para equipos con modificaciones. La diferencia se puede deber al tamaño y uniformidad de las gotas; característica aportada al equipo por una boquilla de baja descarga y un regulador de la presión del líquido.

Con respecto al índice de cobertura entre los manuales se observó que el equipo de presión previa retenida (PPR) presentó el mayor índice de cobertura.

Este resultado se explica por la menor diferencia entre el número de gotas depositado en la parte interna y externa de la planta. Este índice es mayor aún en los equipos motorizados como consecuencia de la mayor penetración del producto.

El equipo de palanca con presión variable (PPV) produce gotas más desuniformes en tamaño y fácilmente chocan con las hojas externas de la planta; únicamente las pequeñas logran penetrar al interior, dando un cubrimiento poco uniforme, esto se atribuye a variabilidad de la presión de funcionamiento de estos equipos y al tipo de boquilla que usa.

Existen en el campo muchos factores que limitan la colocación de un buen patrón de cobertura de las hojas. Entre los principales podrían mencionarse los accidentes topográficos, el cansancio natural del operario, las obstrucciones en el sistema de filtración del equipo, los árboles de sombra colocados sobre el surco entre las hileras, el mal trazado del cultivo, el mal funcionamiento del motor, etc.

b.2 Densidad de gotas:

La evaluación de la densidad de gotas indican diferencias entre estratos (alturas), observándose el mayor número de gotas en la parte media de la planta (estrato II), tanto en las hojas internas como externas.

Esto se debe a que el operario mantiene por más tiempo la lanza en este estrato muy posiblemente por las dificultades en mover libremente la mano y por la falta de cuidado o cansancio del operario por alcanzar los extremos opuestos de la planta. El equipo de presión previa retenida (PPR) colocó 51,3% más gotas en la planta que el equipo de palanca con presión variable (PPV). Resultado semejante fue observado para los equipos de motor donde las modificaciones parecen no tener un efecto definido que mejoren la densidad de gotas.

Estos resultados muestran la dependencia que tienen los equipos manuales de las características del equipo para producir gotas uniformes de menor tamaño. El equipo de motor no manifiesta diferencias en la densidad de gotas ya que la formación de las gotas depende de un gran volumen de aire producido

independientemente de la presión de salida del líquido.

C. Persistencia del producto

La cantidad de cobre residual para todos los equipos, en las diferentes pendientes, encontrada quince días después de las aspersiones fue del 32% de la cantidad total aplicada, como consecuencia del efecto de las lluvias, el viento, la fricción entre las hojas y demás factores ambientales que rodean la planta y que hacen que ocurran pérdidas del producto aplicado.

La mayor remoción de cobre se observó en los estratos superiores (estratos II y III), por ser estos los estratos más expuestos a las lluvias, las cuales lavan y transportan el cobre a los estratos inferiores.

Las diferencias en la cantidad de cobre removido entre los estratos y entre las posiciones, muestran la importancia del efecto de redistribución relatado por Rayner (38), que ayuda a proteger la planta en lugares donde el fungicida no llegó o está en concentraciones menores a las requeridas para el combate de la enfermedad.

5.2 Evaluación económica

Considerando que el costo de aspersión está influenciado por el volumen de agua requerido y el tiempo necesario en la aspersión se dio mayor importancia a estas variables.

El equipo de palanca con presión variable (PPV) utilizó el mayor volumen

de líquido por parcela, 405 l/ha, lo cual se debe al tipo de boquilla que usa este equipo, de tipo regulable de alta descarga.

Las modificaciones introducidas en los equipos manuales de presión previa retenida (PPR) con boquilla de menor descarga, disminuyen considerablemente el volumen de líquido consumido a 210 l/ha.

Entre los equipos motorizados se observó una reducción en el volumen de agua gastado de 210 a 130 l/ha, cuando se asperjó con el equipo con modificaciones (MCM). Esta diferencia no tiene explicación lógica que la justifique; sin embargo la menor boquilla con que trabajó el equipo de motor con modificaciones pudo ser causal de obstrucciones. Debe tenerse en cuenta que a pesar de ser la descarga de ambos equipos de motor igual el ajuste de boquilla es diferente, menor en el equipo con modificaciones.

Se observó un incremento en el gasto de agua cuando aumentó la pendiente: esto se debe al mayor tiempo que el operario utiliza en avanzar.

El menor gasto de agua por unidad de área se logra cuando los equipos disponen de aditamentos que permiten reducir el diámetro de las boquillas y con ello la descarga de los equipos.

Al analizar los costos de aspersión por unidad de área se observó una disminución en los valores unitarios a medida que se aumentaba el área tratada. En parte se debe a que el tiempo gastado en la preparación y calibración de los implementos, así como en la preparación de la mezcla son iguales cuando se asperjan parcelas de diferente tamaño y a que el productor rutiniza

las labores hasta conseguir una mayor eficiencia en la aplicación y aprovechamiento de tiempo.

El Cuadro 11 muestra el efecto de la pendiente sobre el tiempo de aspersión. Se pudo observar que en las parcelas con mayor pendiente se requiere más tiempo para realizar la labor. Esto se explica por las mayores dificultades en el caminado al aumentar la pendiente del terreno. Resultados semejantes fueron encontrados en las condiciones de la caficultura colombiana por López y colaboradores (31).

Bajo las condiciones del experimento los equipos sin modificaciones (de palanca con presión variable y de motor), hicieron las aspersiones en menos tiempo que los equipos modificados. Este resultado pudo deberse a la necesidad del operario para caminar más rápido con el fin de evitar el escurrimiento del líquido en las hojas. Debe señalarse que este resultado puede ser diferente cuando el área asperjada es mayor, ya que el operario emplea más tiempo en abastecer de mezcla el equipo.

En este trabajo el equipo de presión previa retenida (PPR), utilizó mayor tiempo en su preparación, abastecimiento de mezcla, por falta de experiencia en el uso de este equipo y sobre todo por lo pequeño de las áreas experimentales. En una finca de mayor tamaño el llenado de la bomba será una labor mecánica rápida principalmente si se utiliza una bomba de capacidad mayor.

Los equipos motorizados permiten mayor rendimiento de las aspersiones como consecuencia de la mayor faja de deposición del producto, ello

constituye una ventaja en lugares donde la mano de obra es escasa o de costo elevado. Con los equipos manuales el operario debe caminar más despacio para cubrir completamente la planta, lo cual significa mayor número de horas/hombre por unidad de área.

A. Costos de aspersión

Al analizar el comportamiento de los equipos en las diferentes pendientes, se pudo observar que las mayores pendientes requieren un mayor costo económico en la aspersión. Esto es natural si tenemos en cuenta que la pendiente dificulta el desplazamiento del operario; ya sea por obstáculos físicos o por mayor cansancio.

La Figura 6 presenta la distribución de los costos de aspersión. Se estableció que del 49 al 58% de los costos de aspersión lo constituye el valor del fungicida; la mano de obra constituyó un 29% en las aspersiones hechas para los equipos manuales y un 15% para los motorizados. Los costos no efectivos constituyen el 15 y 24% para las aspersiones hechas con los equipos manuales y motorizados, respectivamente.

Si se comparan los costos de las aspersiones de los equipos manuales y los motorizados, los equipos manuales son más económicos y a medida que aumenta la pendiente estas diferencias se hacen más notorias.

Las aspersiones realizadas con los equipos manuales representan los menores costos, lo cual se debe principalmente al menor valor no efectivo como; depreciación y repuestos que representa el uso de estos equipos.

El uso de los equipos motorizados significa un gasto mayor, tanto en los costos efectivos como no efectivos. En plantaciones de regular a mayor tamaño el uso de estos equipos puede resultar más económico, al requerirse de un número menor de ellos, para cubrir una extensión determinada, en un tiempo dado. Esto se debe a que el rendimiento, medido en hectáreas/día/hombre es mayor en estos equipos.

Para poder llegar a seleccionar el equipo a usar en la labor de aspersión de cafetales contra la roya, debe tomarse en cuenta algunos aspectos importantes, tales como: disponibilidad de mano de obra, capacidad y nivel de conocimiento de las personas encargadas de dirigir y de ejecutar la labor, extensión de la plantación y disponibilidad de agua y recursos económicos para la adquisición del equipo.

Se hizo el cálculo del costo por hectárea para el combate de la roya, suponiendo que se requieren cinco aspersiones por año, que se consideran necesarias en el combate de la roya del cafeto (28, 40).

El Cuadro 19 resume, para cada pendiente y equipo el valor por hectárea al año del combate de la roya del cafeto.

B. Ajuste de Curvas de Costos

Aunque los modelos probados para predecir el costo del combate de la roya, presentan un alto coeficiente de correlación cercano a 1, extrapolarlos a extensiones mayores de dos hectáreas se observa una disminución muy marcada en los costos, lo cual se debe a que la información con la que fueron generadas las regresiones procede de parcelas menores a los 1500 m².

Cuadro 19. Costo estimado en colones del combate de la roya del cafeto, con cinco aplicaciones al año. Turrialba, 1982.

EQUIPOS	PENDIENTE		
	plana	media	alta
De palanca con pres. variab. (PPV)	6982,25	7188,70	7325,35
De presión previa reten. (PPR)	7140,75	7167,25	7224,87
De motor sin modifica. (MSM)	7423,35	7473,80	7745,25
De motor con modifica. (MCM)	7066,40	7709,00	8311,50

1\$ U.S. = 36,5 colones costarricenses.

Con el propósito de disminuir el costo económico sin sacrificar la calidad técnica de la aspersión, se pueden tomar algunas medidas tales como: disminución de la dosis de fungicida, puntos de captación de agua distribuidos en forma adecuada en los cafetales, operarios calificados, siembras en curvas de nivel. También podrían utilizarse algunos dispositivos en los equipos que aumentan la faja de deposición; bien sea a través de un mayor ángulo de salida o asperjando en cada surco las dos mitades de los árboles con una sola pasada.

Al integrar las labores de combate químico de la roya a las demás labores del cultivo podría reducirse substancialmente su costo, ya que las aspersiones podrían tener otros objetivos además del combate de esta enfermedad, tales como el combate de plagas y otras enfermedades o la fertilización foliar del cultivo.

6. CONCLUSIONES

1. Se considera que con todos los equipos (manuales y motorizados) es posible depositar cantidades adecuadas de cobre para el combate de la roya del cafeto, siempre que la aspersión se haga siguiendo la metodología expuesta en el presente estudio.
2. La pendiente del terreno no influyó en la calidad de la aspersión para los equipos evaluados, ya que se hizo una adecuada calibración en cada pendiente.
3. La mayor cantidad de cobre se depositó en las hojas externas de la planta, independientemente del equipo con el cual se aplicó y de la pendiente del terreno.
4. El equipo presión previa retenida (PPR) depositó la mayor cantidad de cobre sobre las hojas, mayor que la recomendada para un combate eficiente de la roya del cafeto, independientemente de la pendiente del terreno. Sin embargo el equipo de motor con modificaciones fue el que logró, en promedio, el mayor índice de cobertura en las tres pendientes estudiadas.
5. El número de gotas por cm^2 depositadas sobre las hojas, en las tres pendientes, fue mayor para los equipos; habiéndose observado el mayor número de gotas en la posición externa. Al comparar la cantidad de gotas depositadas por estrato el mayor número ocurrió en la parte media de la planta.

6. El fungicida permaneció en concentraciones adecuadas para el combate de la roya 15 días después de las aspersiones, a pesar de las altas precipitaciones ocurridas durante el experimento.
7. Las modificaciones del equipo manual mediante el sistema de presión previa retenida (PPR), mejoran considerablemente la calidad de la aspersión.
8. Las modificaciones introducidas a los equipo motorizado no presentaron mejoras sustanciales en la calidad de la aspersión, aunque la recirculación constante de la mezcla en el tanque, al momento de la aspersión y el hecho de enviar el líquido a presión son ventajas de este equipo.
9. Los dos equipos modificados gastaron el menor volumen de líquido, al compararse con los respectivos equipos sin modificaciones. En cuanto al tiempo de aspersión se observó que los equipos modificados requieren más tiempo en la aspersión.
10. Se observa un incremento en el volumen de líquido usado y en el tiempo requerido conforme se incrementa la pendiente, lo cual repercutió en el incremento observado en los costos.
11. Para extensiones menores de dos hectáreas las ecuaciones lineal y exponencial establecidas dan un ajuste bastante adecuado de los costos. Para extensiones mayores estas ecuaciones dan un valor aproximado del costo real.

12. Los equipos motorizados son los más adecuados para aspersiones en terrenos planos, pero para pendientes fuertes la labor se hace más fácil con el equipo de presión previa retenida (PPR).
13. En pequeñas extensiones el costo de combate de la roya resulta menor con los equipos manuales, esta diferencia se acentúa cuando la aspersión se hace en terrenos con mayor pendiente.

7. LITERATURA CITADA

1. ALMEIDA, S.R., HASIZUME, H. y MATIELLO, J.B. Adaptacao de maquinas normais para aplicacao em baixo volume no controle a ferrugem do cafeeiras. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 4^a, Caxambu, Brasil, 1976. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/Gerca, 1976. pp. 311-312.
2. BOCK, K.R. Controle of coffe leaf rust in Kenya Colony. British Mycological Society Transactions 45(3):301-313. 1962.
3. CAMPACCI, C.A. y OLIVEIRA, D.A. DE. Resumen de los trabajos realizados con fungicidas para el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 4^a, Caxambu, Brasil, 1976. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1976. pp. 311-312.
4. CAMPOS, C.J.C. Evaluación de equipos agrícolas con diferentes sistemas de aspersión en el control del *Leucoptera coffeella* Guer. Resúmenes de Investigaciones en Café (El Salvador) 2(2):14-15. 1978.
5. CARDENAS-MURILLO, R. Descripción y uso de las boquillas de aspersión. Avances Técnicos Cenicafe (Colombia) No. 62. 1977. s.p.
6. CASTILLO, J.A. y GARCIA LIZAMA, J.B. Evaluación de diferentes equipos de aspersión para una buena aplicación en el combate de plagas y enfermedades. Resúmenes de Investigaciones en Café (El Salvador) 3:45-53. 1979-1980.
7. CASTRO, L.C. Evaluación de diferentes aspersoras de espalda en el control del 'Ojo de gallo' (*Mycena citricolor* Berk & Curt). Resúmenes de Investigaciones en Café (El Salvador) 3:12-16. 1979-1980.
8. CARNEIRO, F. *et al.* Comparacao entre diversos equipamentos de pulverizacao, no controle da ferrugem do cafeeiro. In Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras, 2^a, Pocos de Caldas, Brasil, 1974. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1974. pp. 72-74.
9. _____ *et al.* Ensaio de equipamentos de pulverizacao aerea e terrestre no controle da ferrugem do cafeeiro. In Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras, 3^a, Curitiba, Brasil, 1975. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1975. pp. 322-325.
10. CHAVES, G.M. Control químico de la roya del cafeto. s.l. FAO, 1976. 9 p.

11. CHAVES, G. M. *et al.* A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.); revisao de literatura com observacoes e comentarios sobre a enfermidade no Brasil. Seiva (Brasil) (edicao especial). 30:1-75. 1970.
12. CORREA, H.G. *et al.* Eficiencia de algunos tipos de pulverizadores no controle da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). In Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras, 2^a, Pocos de Caldas, Brasil, 1974. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1974. pp. 229-231.
13. _____, NETO, B.L. y SUGIMORI, M.H. Aplicacao de volume reducido de caldo cúprico como diversos pulverizadores para controle da ferrugem de cafeeiro. In Congresso Brasileiro de pesquisas cafeeiras, 4^a, Caxambu, 1976. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA; 1976. pp. 229-231.
14. COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Estudio de fincas cafetaleras. San José, Costa Rica, 1980. 14 p.
15. DEUTSCH, A. Equipos pequeños para aplicar plaguicidas: su selección, uso y mantenimiento. Agricultura de las Américas 23(2):41-43. 1974.
16. DURON AVILES, E. Situación de la roya del cafeto en la República de El Salvador. Guatemala, s.e., 1980. 11 p.
Presentado al Seminario sobre la roya del cafeto, Guatemala, 1980.
17. _____. Situación actual de la roya del cafeto en la república de Honduras. s.l., OIRSA, 1981. 2 p.
18. DURON AVILES, E. Situación actual de la roya del cafeto en la República de Guatemala. s.l., OIRSA, 1981. 2 p.
19. FERNANDEZ B., O. y VALENCIA A., G. Enfermedades del cafeto. In Congreso Brasileño de Investigaciones Cafetaleras 3^a. Curitiba, Paraná, 1975. Trabajos. Chinchiná, Colombia, Cenicafé, 1976. pp. 13, 15-16.
20. FIRMAN, I.D. A review of leaf rust and coffee berry disease control in Kenya. Tropical Agriculture 42:111-118. 1965.
21. _____. Determinacao de cobre as superficies das folhas de cafe em experimentos no campo para controle da ferrugem. Biológico (Brasil) 38(4):124-126. 1972.
22. GOMEZ Q., R. Algunos aspectos epidemiológicos de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). In Seminario Ejecutivo Caficultura Intensiva "La roya del cafeto", Tecnología para la prevención, erradicación y control, 4^a, Guatemala, 1977. Trabajos. Guatemala, 1977. pp. 17-24.

23. GONZALEZ, L.C. Introducción a la fitopatología. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Libros y materiales educativos No. 29. 1979. 148 p.
24. HASHIZUME, H., MATIELLO, J.B. y ALMEIDA, S.M. Estudio de reducao de volume de pulverizacao utilizando pulverizador costal manual no controle de ferrugem do cafeeiro. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 5ª, Guarapari, Brasil, 1977. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1977. pp. 123-124.
25. HERNANDEZ PAZ, M. El café; sus enfermedades. Revista Cafetalera (Guatemala) 173:9-20. 1975.
26. HEWITT, O.F. y PEREZ, H. La técnica de aplicación de agroquímicos, su teoría y práctica. Bogotá, Colombia, CIBA-GEYGY, 1975. pp. 3-4, 10,13.
27. HULL, D. Para que su roceadora trabaje mejor. Agricultura de las Américas 23(12):32. 1974.
28. INSTITUTO SALVADOREÑO DE INVESTIGACIONES DEL CAFE. Evaluación de equipos agrícolas con diferentes sistemas de aplicación para el control de plagas y enfermedades del café. Resúmenes de Investigaciones en Café (El Salvador) 1:16-25. 1977-1978.
29. INSTITUTO SALVADOREÑO DE INVESTIGACIONES DEL CAFE. Costo estimado de aplicación por manzana para el combate de la roya del cafeto (Hemileia vastatrix Berk & Br.) San Salvador, 1981.
30. LOMBARDO GIL F., S. Determinación de la dosis óptima de oxiclóruo de cobre 50% C.M. y óxido cuproso 50% C.M. para el combate de la roya del café Hemileia vastatrix Berk & Br. Resúmenes de Investigaciones en Café (El Salvador) 4:27-28. 1980-1981.
31. LOPEZ ALZATE, R. Estudio económico de aspersiones para un eventual control de la Roya del Cafeto (Hemileia vastatrix Berk & Br.) en plantaciones comerciales. Cenicafé (Colombia) 32(2):54-68. 1981.
32. METIELLO, J.B. et al. Control de la roya del cafeto con aspersiones a bajo volumen. Campinas, Brasil, Instituto Brasileño del Café, 1973. pp. 1-2, 4, 6-7.
33. MENDES, A.T.A., et al. Ensaio quantitativo de cobre, aplicado em atomizacao a alto volume no controle da ferrugem do cafeeiro no Estado de Paraná. In Congresso Brasileiro sobre Plagas e Doencas do Cafeeiro, 1ª Vitória, Brasil, 1973. Resumos. Rio de Janeiro, 1973. pp. 21-22.

34. MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY. Rociadores de alto despeje; grandes máquinas para cosechas grandes. Agricultura de las Américas 23(12)30. 1974.
35. MONTOYA HENAO, R. Influencia de la luz y de la temperatura sobre la germinación, el período de incubación e infectividad de la roya del cafeto (Hemileia vastatrix Berk & Br.). In Seminario Ejecutivo Caficultura Intensiva "La roya del cafeto", Tecnología para la Prevención, Erradicación y Control, 4^a, Guatemala, 1977. Trabajos. Guatemala, 1977. pp. 11-16.
36. OFICINA DEL CAFE, SAN JOSE. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José, 1981. 88 p.
37. PEREIRA, J.L. Report on test carried out on manually operated sprayers. Kenya Coffee 34(403):267-275. 1969.
38. RAYNER, R.W. The control of coffee rust in Kenya by fungicides. Annals of Applied Biology 50(2):245-261. 1962.
39. _____. Micología, historia y biología de la roya del cafeto. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Publicación Miscelánea No. 94. 1972. 67 p.
40. RIVILLAS O., C.A. Estudio económico, técnico de aspersiones fitosanitarias en cafetales comerciales. Tesis Ing. Agr. Manizales, Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1977. 225 p.
41. SANCHEZ MCREA, R. et al. Posible impacto de la roya del cafeto sobre la actividad cafetalera y las economías de Centroamérica, México y Panamá. Managua, 1979. s.p.
42. SERNAS MADERA, V.M. La roya del cafeto en Brasil y su control químico. México, Instituto Mexicano del Café, 1979. 54 p.
43. SUAREZ, M. et al. Estimación del impacto económico de la roya del cafeto en Honduras. Tegucigalpa, Instituto Hondureño del café, 1980. 31 p.
44. VALLE NETO, P.R., PEDROSA, P.A.C. y SACALI, M.H. Avaliação da eficiência de fungicidas empregados no controle da ferrugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk & Br.). Reuniao anual Sociedade brasileira para o progresso da Ciencia, 28^a, 1976. Resumos. Brasília, 1976. p. 131.
45. WILLIS, J.A.N. y FIRMAN, I.D. Low volume spraying to control coffee leaf rust in Kenya. Annals of Applied Biology 55(1):123-137. 1963.

8. APENDICE

Cuadro IA. Cuadrados medios del contenido de cobre en las hojas una hora después de la aspersión, de la cobertura del follaje, de la densidad de gotas, del contenido de cobre 15 días después de la aspersión y de la cantidad de cobre removido, de los análisis de varianza.

Fuente de Variación	Gl	C U A D R A D O S M E D I O S					Cobre removido
		Cantidad de cobre	Cobertura	Densidad de gotas	Cantidad de cobre 15 días después	Cobre removido	
Pendiente	2	3762	435	105	161	2096*	
Equipo	3	4285	704	2531**	280	4735**	
Error 'A'	6	1657	639	108	314	308	
Estrato (Altura)	2	7	428	442*	418**	11	
Estrato x equipo	6	977	293	118	98	504*	
Error 'B'	16	505	176	114	45	162	
Posición	1	27611**	9601**	11514**	345*	5298**	
Posición x estrato	2	1526	252	9	23	3319**	
Posición x equipo	3	1465	232	428	180	1899**	
Posición x estrato x equipo	6	311	22	16	21	150	
Error 'C'	24	735	208	49	70	384	

* Diferencias significativas al 5% de probabilidad.

** Diferencias significativas al 1% de probabilidad.

Cuadro 2A. Cuadrados medios del volumen de líquido gastado y del tiempo de aspersión de los análisis de varianza.

Fuente de variación	Gl	Cuadrados medios	
		Líquido gastado	Tiempo de aspersión
Repeticiones	2	17	319*
Pendiente	2	66	1152**
Error 'A'	4	17	39
Equipos	3	244**	3180**
Equipo x pendiente	6	33*	162
Error 'B'	18	12	76
Tamaño	3	2**	5790**
Tamaño x pendiente	6	0,2	196**
Tamaño x equipo	9	0,6	33**
Tamaño x equipo x pendiente	18	0,2	7
Error 'C'	72	0,4	11

* Diferencias significativas al 5% de probabilidad.

** Diferencias significativas al 1% de probabilidad.