

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA DE SANIDAD VEGETAL

DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA

TRABAJO DE DIPLOMA

PROPUESTAS DE ESTIMADORES PARA EL ESTUDIO  
EPIDEMIOLOGICO DE LAS ENFERMEDADES FOLIARES

EN CAFE (coffea arabica L.)

DIPLOMANTE BR. Ramon Aristides Mendoza Garcia

TUTORES: Ing. M.Sc Janeth Gutierrez  
Dr. David Monterroso Salvatierra

Managua, mayo de 1993

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
ESCUELA DE SANIDAD VEGETAL  
DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA  
  
TRABAJO DE DIPLOMA

PROPUESTA DE ESTIMADORES PARA EL ESTUDIO  
EPIDEMIOLOGICO DE LAS ENFERMEDADES FOLIARES  
EN CAFE ( *Coffea arabica L.* )

Autor: Br. Ramón Aristides Mendoza Garcia

Presentado a la consideración del honorable tribunal  
examinador como requisito para optar al grado de  
Ing. Agrónomo

Managua, mayo de 1993

**DEDICATORIA.**

Dedico este trabajo de tesis a mis padres, Luisa Amanda Mendoza y Gabino García Narváez. A la señora Marta Ramos Neyra. A mi abuelita Isaura Mendoza Paladino. A mi esposa, Socorro Medina Peralta. A mis hijos, Elizabeth y Christopher Mendoza Medina.

**AGRADECIMIENTOS.**

Quiero expresar mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A mis padres, Gabino García Narváez y Luisa Amanda Mendoza y Marta Ramos Neyra por su empeño y apoyo moral y económico durante mi formación y la realización de este trabajo.

Al Ph. D. David Monterroso Salvatierra por su valiosa asesoría y orientación.

A la Escuela de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional Agraria por el apoyo material brindado. En particular, a la Ing. MSc. Janet Gutiérrez por su apoyo.

Al MIP-CATIE por el apoyo material brindado. En particular, al Lic. Jorge Simán por sus ideas en cuanto a la organización y análisis de los datos.

Al Ing. Guillermo Somarriba B. por su apoyo en el análisis y la redacción del trabajo. Sin su colaboración no habría sido posible concluir de forma exitosa este trabajo.

A mis compañeros de EPICAFE: Marcos, Elisa y Oscar porque gracias también a la labor de equipo fue posible la realización de este trabajo.

Al Centro Nacional de Información y Documentación Agraria (CENIDA) y, muy particularmente, a Maritza, Mireya y Kati por su colaboración en la búsqueda bibliográfica.

A doña Teresa y Rosa Hernández, doña Francisca Ramos por su incondicional ayuda durante mi estancia en la universidad.

A María Mercedes Fonseca Toruño, amiga sincera que me brindó siempre su mano incondicionalmente.

A mis tíos Jesús, Domingo y Mauro y a mis hermano Trinidad y Aída; también a mis amigos Lorena López y al Ing. Nicolas Valle, personas que me ayudaron siempre que los necesité.

Indice general.

<u>Sección</u>	<u>Página</u>
Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Indice general.....	iv
Indice de figuras.....	vi
Indice de cuadros.....	vii
Indice de anexos.....	viii
Resumen.....	ix
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>5</b>
I. Comparación de tres métodos de cuantificación.....	5
1. Descripción de los métodos.....	5
II. Selección y Organización de las áreas de muestreo.....	9
III. Estudio de la relación incidencia-severidad.....	11
IV. Estudio del tamaño y Arreglo de la muestra.....	12
1. Propuesta inicial para el tamaño de la muestra.....	12
2. Propuesta inicial para el arreglo de la muestra.....	16
3. Comprobación del tamaño y Arreglo de la muestra.....	17

<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>20</b>
I. Comparación de tres métodos de cuantificación de enfermedad.....	20
II. Caracterización general de las fincas en estudio.....	24
1. Característica físicas de los lotes de observación.....	25
2. Manejo agronómico del cultivo.....	27
III. Estudio de la relación incidencia-severidad.....	31
IV. Estudio del tamaño y arreglo de la muestra.....	42
1. Tamaño de la muestra según la propustionalidad .....	45
2. Discusión del arreglo de la muestra.....	43
IV. Comprobación del tamaño y arreglo de la muestra.....	44
1. Comprobación del tamaño de la muestra.....	44
2. Comprobación del arreglo de la muestra.....	50
3. Determinación de la eficcencia relativa del muestreo.....	53
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFIA CITADA.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>

Indice de figuras.

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1. Relación entre la incidencia y la severidad, promedios semanales obtenidos a partir del método de estimación visual.	
<b>A.</b> Roya.....	32
<b>B.</b> Mancha de hierro.....	33
<b>C.</b> Antracnosis.....	34
2. Número de sitios a muestrear en función de un coeficiente de variabilidad determinado, (0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4%), para cuantificar. <b>A:</b> Roya, <b>B:</b> Mancha de Hierro y <b>C:</b> Antracnosis a partir de plantas agrupadas en conglomerados.....	46
3. Número de plantas a muestrear en función de un coeficiente de variabilidad determinado, (0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4%), para cuantificar. <b>A:</b> Roya, <b>B:</b> Mancha de Hierro y <b>C:</b> Antracnosis a partir de plantas agrupadas en conglomerados.....	48
4. Relación del logaritmo de la varianza logaritmo de la media para la incidencia de Roya ( <b>A</b> ), Mancha de Hierro ( <b>B</b> ) y Antracnosis ( <b>C</b> ).....	52



Indice de cuadros.

<u>Cuadro.</u>	<u>Página.</u>
1 . Escala I, porcentajes de severidad de acuerdo al número de manchas y número de hojas por bandola en café.....	7
2 . Escala II, valores del factor de severidad (fs).....	9
3 . Ubicación y regímenes climáticos de las fincas seleccionadas.....	10
4 . Estadístico para los tres métodos de cuantificación de enfermedad para el caso de la roya ( <u>Hemilea vastatrix</u> ).....	21
5 . Estadístico para los tres métodos de cuantificación de enfermedad para el caso mancha de hierro ( <u>Cercospora coffeicola</u> ).....	21
6 . Caracterización física de los lotes de observación.....	26
7 . Nivel tecnológico de las fincas muestreadas.....	29
8 . Manejo agronómico de las fincas en estudio.....	30

- 9 . Coeficiente de correlación entre los logaritmos neperiano de incidencia y severidad para la roya, mancha de hierro y antracnosis en las tres fincas de estudio.....37
- 10 . Ecuaciones de la recta de regresión estimada para las tres enfermedades en estudio.....38
- 11 . Comparaciones estadística de coeficiente de regresión de la forma  $\ln(S) = a + b\ln(I)$  para tres enfermedades del café en las fincas de estudio (donde S = severidad e I = incidencia).....39
- 12 . Eficiencia relativa de conglomerados de diferentes tamaños para la roya del café (Hemillea vastatrix) en las fincas la Pintada, Laguna y el Asilo.....54
- 13 . Eficiencia relativa de conglomerados de diferentes tamaños para la mancha de hierro del café (Cercospora coffeicola) en las fincas la Pintada, Laguna y el Asilo.....55
- 14 . Eficiencia relativa de conglomerados de diferentes tamaños para la antracnosis del café (Collectotrichum coffeanum) en las fincas la Pintada, Laguna y el Asilo.....56

## RESUMEN

Se realizó un estudio en tres agroecosistemas de café con los objetivos de comparar tres métodos de cuantificación de enfermedades foliares del café, determinar el parámetro a estimar en la medición de la intensidad de la enfermedad (incidencia y/o severidad) considerando las características físicas y biológicas de cada agroecosistema y proponer un tamaño de muestra que teniendo un costo menor principalmente en cuanto al tiempo, permita estimar la cantidad de enfermedad con una precisión determinada.

Se seleccionaron 7 personas para que hicieran lecturas de dos enfermedades foliares en un cafetal, utilizando tres métodos de cuantificación de enfermedades y luego se compararon los métodos, usando para ello el coeficiente de variabilidad de la interacción métodos-personas. Se seleccionaron fincas con regímenes climáticos diferentes y en cada una se seleccionó un lote, en el cual se seleccionaron al azar cinco conglomerados de cinco plantas cada uno y en cada planta se marcaron al azar 6 bandolas para dar un total de 150 bandolas en el lote de observación. En cada bandola se hicieron lecturas semanales de incidencia y severidad<sup>1</sup> también se recolectó información concerniente al nivel tecnológico, el manejo agronómico y las características físicas del lote observado. Con los datos obtenidos se hizo un estudio de la correlación incidencia-severidad y con base en una propuesta para el tamaño y arreglo de la muestra, también se hizo un estudio del tamaño y arreglo de la muestra y se calculó la eficiencia relativa del muestreo por conglomerados.

El método de estimación visual fue el que presentó la menor variabilidad y el mayor ahorro de tiempo y esfuerzo físico en relación a los métodos basados en escala. No se puede generalizar un modelo de regresión único para la relación incidencia-severidad ya que ésta cambia de acuerdo a un sin número de factores del agroecosistema, entre los cuales el patosistema, el microambiente y el mesoambiente parecen ser los más importantes. De las enfermedades foliares en café como roya, mancha de hierro y antracnosis es suficiente medir la incidencia. El tamaño de muestra aquí propuesto para evaluar porcentajes (bajos) de incidencia para las tres enfermedades en estudio es de 15 plantas distribuidas en 5 conglomerados de 3 plantas cada uno.

Se pudo comprobar que las tres enfermedades en estudio se comportan de forma agregada consistentemente: la varianza es mayor que la media ( $\sigma^2 > m$ ), al aplicar a los datos la ley ponderada de Taylor estos cumplen con la regla de que el coeficiente de regresión es mayor que uno ( $b > 1$ ) y, para cada enfermedad la varianza entre plantas es mayor que la varianza entre conglomerados (sitios).

<sup>1</sup> Véase la definición operacional de incidencia y severidad en el glosario del anexo #.5

## INTRODUCCION.

El café representa para Nicaragua el rubro de exportación y la fuente de empleo agrícola más importante. Su peso específico en las exportaciones ha fluctuado entre un 27 y 30% en los últimos 3 años y actualmente hay cerca de 28,000 productores y más de 170,000 familias que dependen del rubro. En virtud de ésto, la Comisión Nacional del Café (CONCAFE) ha estado estudiando el subsector en un esfuerzo por diseñar y ejecutar las políticas y programas necesarios para incrementar la producción de café (AID, 1992), la cual se ve afectada, entre una gran diversidad de factores, por plagas (patógenos, insectos y malezas). Esta situación plantea la necesidad de contar con una metodología de investigación en café idónea para nuestras condiciones particulares y que además represente, un ahorro de esfuerzo, tiempo y recursos.

De 428 trabajos de investigación fitopatológica de café consultados en el banco de datos de café del CATIE-MIP, el 21% está dedicado a estudiar enfermedades foliares como la roya, la antracnosis y la mancha de hierro, pero no hay un sólo trabajo orientado a generar o, al menos, proponer una metodología de investigación propia. En este sentido, interesa particularmente tres aspectos metodológicos relacionados con la investigación epidemiológica de las enfermedades foliares del café.

En primer lugar está la consideración del método para la cuantificación de las enfermedades. Se hace necesario estudiar los niveles de seguridad, precisión y repetitividad de los métodos de medición de las enfermedades, así como la seguridad de la relación entre los valores estimados y los valores reales, la precisión o rango de valores estimados por un simple operador y la influencia de los niveles de subjetividad, la cual, a su vez, está determinada por los niveles de estandarización y el entrenamiento disponible. Existen algunas reportes y abundante controversia en relación a los métodos de cuantificación, pero en el caso de países pobres, como el nuestro, no se cuenta con la suficiente información, ni mucho menos con métodos sofisticados de cuantificación. Esto plantea la necesidad de comparar diferentes métodos asequibles, que esten al alcance de técnicos e investigadores.

En segundo lugar está el aspecto de la relación incidencia severidad. Dicha relación forma un concepto epidemiológicamente significativo y tiene una amplia aplicación, no solamente para la estimación de la severidad a partir de la incidencia sino también para la epidemiología comparativa y el estudio de la dinámica poblacional de las enfermedades (Seem, 1984). Paralelo al estudio de la relación *per se* y de su uso potencial, está el interés de investigar los factores que la afectan y, en este sentido, se plantea que para tener una información más clara debe tomarse en cuenta el entorno biótico y abiótico y la interferencia humana ya que este entorno puede influenciar la incidencia y la severidad.

En tercer lugar está el problema estadístico de obtener información acerca de la cantidad de enfermedad presente en el campo de manera económica (en tiempo y/o dinero), eficiente y precisa, lo cual constituye un problema de muestreo o, más propiamente, un problema de tamaño de muestra y plan de muestreo, el cual debe decidirse de acuerdo a la manera en que se encuentra distribuída la información en el área de muestreo y, por lo tanto, se debe considerar el problema del patrón de distribución de las enfermedades en el cultivo. El tamaño de la muestra puede estar limitado por la biología del patosistema y por los costos o las consideraciones del tiempo.

En vista de todo lo antes expuesto, se propuso el siguiente estudio acerca de algunos estimadores para estudios epidemiológicos de enfermedades foliares en café con el fin de presentar una propuesta que resulte biológicamente lógica y cuantitativamente práctica.

**OBJETIVOS.**

1. Estudiar diferentes metodos para cuantificar la presencia de tres enfermedades foliares del café.
2. Determinar el parámetro a considerar en la estimación de la intensidad de la enfermedad (incidencia y/o severidad) en el sistema café.
3. Proponer un tamaño de muestra que teniendo un costo menor principalmente en cuanto al tiempo, permita estimar la cantidad de enfermedad con una precisión determinada.

## MATERIALES Y METODOS

### I. COMPARACION DE TRES METODOS DE CUANTIFICACION DE ENFERMEDADES.

Se realizó un estudio comparativo preliminar de tres métodos de cuantificación de enfermedades. Para ello, se utilizó un método basado en la estimación visual y dos métodos basados en escalas de medición de enfermedades. Se seleccionaron 7 personas para que midieran roya (Hemileia vastatrix, Berk & Br.) y mancha de hierro (Cercospora coffeicola, Berk & Cooke.) en un cafetal de la región norte central del país, utilizando los tres métodos. Luego se compararon los métodos, tomando como referencia los coeficientes de variabilidad de la interacción métodos personas y el gasto de tiempo y esfuerzo físico requerido. A continuación se describen los métodos utilizados.

#### 1. DESCRIPCION DE LOS METODOS.

##### A. METODO DE ESTIMACION VISUAL.

Este método consiste en realizar una estimación del porcentaje de área foliar enferma basada en la capacidad apreciativa del ojo humano. No existe, por tanto, una escala de referencia a la cual ajustar las diferentes cantidades de enfermedad en el campo. Sin embargo, se ideó un marco teórico de referencia con el cual se pretendía homogenizar el criterio de apreciación (Anexo 1).



**CUADRO 1. Escala I, Porcentajes de severidad de acuerdo al número de manchas y número de hojas por bandola en café.**

No. Hojas totales	Número de Manchas por Hoja.					
	1-3	4-6	7-12	13-24	25-48	48- $\alpha$
0 - 3.75	1	5	10	25	50	75
3.75 - 7.5	0.5	1	5	10	25	50
7.5 - 15	0.1	0.5	1	5	10	25
15 - 30	0.1	0.1	0.5	1	5	10
30 - $\alpha$	0.1	0.1	0.1	0.5	1	5

### C. METODO BASADO EN ESCALA II<sup>3</sup>

Tomando en consideración las relaciones establecidas por el marco de referencia antes mencionado, se ideó una escala en la que se incluyen todas las posibles relaciones de números de manchas y números de hojas y sus respectivos porcentajes de enfermedad asociados y se propuso la siguiente fórmula para el cálculo de la severidad:

$$S = \frac{M}{H} * FC * FS \quad (1)$$

<sup>3</sup> Propuesto por el Ing. Guillermo Somarriba

**CUADRO 1. Escala I, Porcentajes de severidad de acuerdo al número de manchas y número de hojas por bandola en café.**

No. Hojas totales	Número de Manchas por Hoja.					
	1-3	4-6	7-12	13-24	25-48	48- $\alpha$
0 - 3.75	1	5	10	25	50	75
3.75 - 7.5	0.5	1	5	10	25	50
7.5 - 15	0.1	0.5	1	5	10	25
15 - 30	0.1	0.1	0.5	1	5	10
30 - $\alpha$	0.1	0.1	0.1	0.5	1	5

### C. METODO BASADO EN ESCALA II<sup>3</sup>

Tomando en consideración las relaciones establecidas por el marco de referencia antes mencionado, se ideó una escala en la que se incluyen todas las posibles relaciones de números de manchas y números de hojas y sus respectivos porcentajes de enfermedad asociados y se propuso la siguiente fórmula para el cálculo de la severidad:

$$S = \frac{M}{H} * FC * Ps \quad (1)$$

<sup>3</sup> Propuesto por el Ing. Guillermo Somarriba

En donde:

S = % de severidad.

M = número de manchas.

H = número de hojas.

$F_c$  = Factor de corrección (0.5).

$F_s$  = Factor de severidad, el cual depende de  $[M/H * F_c]$ .

Los valores que puede tomar el factor de severidad  $F_s$  dependen del producto  $[(M/H)*F_c]$  (cuadro 2). Este producto, como se dijo en el párrafo anterior, resulta de las relaciones que establece el marco de referencia utilizado por el método de estimación visual, es decir, dicho producto resulta de la apreciación logarítmica de la enfermedad (el factor de corrección  $F_c$  sirve para causar el comportamiento logarítmico de la relación). Una vez que se analizaron las combinaciones más probables de número de manchas y número de hojas en un cafetal, se llegó a la conclusión de que habían 4 diferentes rangos posibles dentro de los cuales podía caer el producto  $[(M/H)*F_c]$  y que para cada rango había un  $F_s$  correspondiente, que son los que aparecen en el cuadro 2.

En el campo se hicieron recuentos de manchas y hojas grandes, medianas y pequeñas, pero al momento del cálculo se consideraron solamente hojas grandes y manchas pequeñas, por lo cual fue necesario convertir las hojas y manchas pequeñas y medianas a un número equivalente de grandes.

Cuadro 2 . Escala II, Valores del factor de severidad ( $F_s$  )..

Valor de $(M/H)*F_c$	Valor de $F_s$
(0.1 - 0.14)	1
(0.14 - 0.78)	2.5
(0.8 - 3.19)	6.25
(3.2 - $\alpha$ )	7.81

## II. SELECCION Y ORGANIZACION DE LAS AREAS DE MUESTREO.

Al inicio se pretendía estudiar y comparar el mayor número de epidemias y establecer similitudes y diferencias entre ellas. Por esta razón, se escogieron inicialmente 5 fincas. Sin embargo, para realizar la propuesta de estimadores para el estudio epidemiológicos de enfermedades foliares en café, se seleccionaron tres fincas en diferentes regímenes climáticos (cuadro 3), y con similitudes en cuanto a la variedad, edad, densidad de siembra (cuadros 6 y 7) y donde ocurrieron epidemias evidentes de roya, mancha de hierro y antracnosis.

**Cuadro 3. Ubicación y Régimenes Climaticos de las fincas seleccionadas.**

FINCAS	Región	DPTO	Altura mnm	PP Prome- dio anual	T°C	HR %
Pintada	VI	Matagalpa	1050	923.6	22	79
Laguna			850	1133.8	23	78
Asilo	IV	Masaya	650	1165	24	85

En cada finca se seleccionó un lote y en este lote un área consistente de 50 surcos de 50 metros cada uno. En esta área se seleccionaron al azar 5 surcos y en cada surco un conglomerado de 5 plantas en el cual la primera fue elegida al azar. Esto dió un total de 25 plantas en toda el área de muestreo (Anexo 2).

En cada planta se seleccionaron 6 bandolas, distribuidas en tres estratos, considerando que las enfermedades del cafeto tienen un comportamiento diferenciado en estos tres estratos (Somarriba 1992; Vásquez 1992). En total habían 150 bandolas en todo el área de observación por cada finca.

#### Selección de las variables y recolección de los datos.

Durante 40 semanas del 10 de mayo de 1991 al 6 de febrero de 1992 se hicieron recuentos semanales de:

- Incidencia (%).
- Severidad (%).

La incidencia se definió como el número de hojas afectadas por la enfermedad expresado en forma porcentual con respecto al total de hojas en la bandola.

La severidad se definió como el porcentaje de área foliar afectada por la enfermedad en la bandola y se midió por el método de estimación visual.

También se recolectó información concerniente al nivel tecnológico, el manejo agronómico y las características físicas del lote de observación.

### **III. ESTUDIO DE LA RELACION INCIDENCIA - SEVERIDAD.**

El estudio de la relación incidencia-severidad entre estas dos variables está basado en trabajos desarrollados en la epidemiología de las enfermedades foliares del cafeto. De estos trabajos se obtuvo que las tres enfermedades más importante en las áreas de la IV y VI región de Nicaragua resultan ser la mancha de hierro, roya y antracnosis, por esta razón nuestro estudio se circunscribirá a la relación incidencia-severidad en estas tres enfermedades.

Los promedios semanales de incidencia y severidad obtenido del método de estimación visual se transformaron de acuerdo a cuatro transformaciones estándares para alcanzar la mayor correlación lineal entre la incidencia y la severidad. Se utilizaron  $\ln(x)$ ,  $\sqrt{x}$ ,  $\text{Logit}(x)$  y  $\text{Arcoseno}(x)$ .

Para el análisis de regresión se usó la transformación que dió la correlación más alta de la incidencia transformada sobre la severidad transformada.

Se hizo una estimación de intervalos para los coeficientes de regresión estimada para establecer comparaciones entre ellos. Se consideraron iguales aquellos coeficientes cuyos intervalos se traslaparon.

También se correlacionaron los datos al inicio, al medio y al final de la epidemia para verificar si había consistencia a lo largo de estos períodos.

#### IV. ESTUDIO DEL TAMAÑO Y ARREGLO DE LA MUESTRA.

En base al resultado obtenido de la relación incidencia-severidad se decidió tomar la variable incidencia, con el propósito de realizar una propuesta en cuanto al tamaño y arreglo de la muestra para estudios epidemiológicos de la roya, mancha de hierro y antracnosis del café.

##### 1. PROPUESTA INICIAL PARA EL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Cuando se inició el estudio se pretendía analizar el comportamiento de las enfermedades foliares del café, y para tal

caso se carecía de información referente a: 1. Cuántas plantas muestrear?.

2. Cómo ordenarlas para levantar la información?. Al azar, o sea, individualmente?, Agrupadas usando conglomerados?

Para poder aclarar lo antes expuesto se plantearon los siguientes supuestos: 1) que las características del comportamiento de las enfermedades son cualitativas. 2) Que la población está dividida en dos clases, la clase  $p$  que tiene la característica (enferma) y la clase  $q$  sin la característica (sana). En este sentido se hizo una propuesta inicial acerca del tamaño de la muestra fundamentada con la siguiente metodología: Cochran (1975) establece que cuando se quiere realizar estimaciones de proporciones poblacionales, las unidades deben clasificarse en dos tipos que son: unidades con la característica bajo estudio ( $C$ ) y unidades sin la característica bajo estudio ( $C'$ ). Se ha convenido en algún margen de error  $d$  en la proporción estimada  $p$  de unidades pertenecientes a la clase  $C$  y hay un pequeño riesgo ( $\alpha$ ) que estamos dispuestos a correr de que el error real sea mayor que  $d$ , es decir, queremos que

$$\text{pr} ( | p - P | \geq d ) = \alpha$$

Se supone un muestreo simple aleatorio y que  $p$  se distribuye normalmente, con varianza  $\sigma_p$  definida por



$$\sigma_p = \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} * \sqrt{\frac{PQ}{n}} \quad (2)$$

Por lo tanto, la fórmula que conecta al tamaño de muestra  $n$  con el grado de precisión deseado  $d$  es:

$$d = t \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} * \sqrt{\frac{PQ}{n}} \quad (3)$$

En donde  $t$  es la abcisa en un punto que separa una área  $\alpha$  en los extremos de la distribución de  $t$  ( $\alpha = 0.05$ ,  $gl = 1.96$ ) que en nuestro caso debe ser 2 porque asumimos un  $\alpha = 0.95$ . Resolviendo para  $n$  encontramos:

$$n = \frac{\left(\frac{t^2 PQ}{d^2}\right) * N}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{t^2 PQ}{d^2} - 1\right) * N} \quad (4)$$

$$n = \frac{\left(\frac{N * t^2 PQ}{d^2}\right) * d^2}{N + \left(\frac{t^2 PQ}{d^2} - 1\right) * d^2} \quad (5)$$

$$n = \frac{(N t^2 PQ)}{d^2 N + t^2 PQ - d^2} \quad (6)$$

$$n = \frac{N * t^2 * PQ}{d^2 * (N-1) + t^2 * PQ} \quad (7)$$

Cuando N tiende al infinito  $N/N - 1 \approx 1$  entonces:

$$n = \frac{N * t^2 * PQ}{N * d^2 + t^2 * PQ} \quad (8)$$

la cual es una fórmula que se aplica cuando se conoce la varianza del estimador. Si ésta no se conoce, como es el caso nuestro, se asume que la varianza es máxima.

La varianza en la distribución binomial es  $nPQ$ , la cual es máxima cuando  $P = 0.5$  y  $Q = 0.5$ , dando un producto igual a 0.25. Es decir que se asigna un valor de  $P = 0.5$ , o sea que la proporción de plantas enfermas es del 50%.

Si  $t \approx 2$  y  $P = 0.5$  y  $Q = 0.5$ , la ecuación 8 quedará simplificada de la siguiente manera:

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1} \quad (9)$$

donde  $n$  = tamaño de la muestra.  
 $N$  = tamaño de la población.  
 $d$  = cota superior del error.

Esta ecuación permite tener un número de plantas para arreglarlo de alguna manera en el presente estudio.

## 2. PROPUESTA INICIAL PARA EL ARREGLO DE LA MUESTRA.

La propuesta para el arreglo de la muestra, se basa en la naturaleza de las enfermedades como fenómenos biológicos y, en particular, el patrón de dispersión de las mismas en el campo, lo cual, según Ives y Moon (1987), tiene una influencia determinante en la selección del plan de muestreo a implementarse. También se considera el aspecto del costo del muestreo en cuanto al uso del tiempo y del esfuerzo físico, en este sentido se tomó en cuenta el criterio planteado por Scheaffer y Mendenhall (1986), en cuanto a que el diseño de la muestra por conglomerado se basa en las siguientes consideraciones:

1. No se encuentra disponible o es muy costoso obtener un buen marco que liste los elementos de la población, mientras que se puede lograr fácilmente un marco de referencia que liste los conglomerados.
2. El costo por obtener observaciones se incrementa con la distancia que separa los elementos.

### 3. COMPROBACIÓN DEL TAMAÑO Y ARREGLO DE LA MUESTRA.

#### A. ESTUDIO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Dado el supuesto de que las enfermedades se distribuyen agregadamente, se procedió a hacer un análisis del tamaño de la muestra conforme la ley ponderada de Taylor, la cual refleja los cambios de agregación de la enfermedad conforme los cambios de su densidad y establece que la varianza de la muestra está relacionada con la media, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$s^2 = am^b \quad (10)$$

en donde  $s^2$  y  $m$  son la varianza y la media, respectivamente y  $a$  y  $b$  son constantes empíricas, calculadas de la regresión de los logaritmos de la varianza sobre los logaritmos de las medias.

El estudio del tamaño de la muestra se realizó, utilizando la ecuación derivada por Karandinos (citado por Ives y Moon, 1987) a partir de la ley ponderada de Taylor. Dicha ecuación es la siguiente:

$$n = \left( \frac{t^*/2}{D} \right)^2 a \bar{x}^{b-2} \quad (11)$$

Campbell 1990, asumiendo una relación inversa entre  $n$  y C.V obtiene la siguiente ecuación.

$$n = \frac{(a + m^{b-2})}{(C.V.)^2} \quad (12)$$

En donde  $n$  = Tamaño de la muestra.

$a$  y  $b$  = Coeficiente empírico de la regresión.

$m$  = Promedios de incidencia.

$C.V.$  = Coeficiente de Variabilidad de la media.

A partir de esta ecuación procedimos a calcular el tamaño mínimo de muestra para las tres enfermedades en estudio.

#### **B. ESTUDIO DEL ARREGLO DE LA MUESTRA.**

Para ésto se consideró también la ley ponderada de Taylor, de acuerdo a la cual se tiene los siguientes criterios de decisión: si  $b < 1$ , se supone una distribución uniforme; si  $b = 1$ , se supone una distribución aleatoria y si  $b > 1$ , se supone una distribución agregada.

#### **C. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA RELATIVA DEL MUESTREO.**

Para establecer la eficiencia relativa del muestreo se utilizó la metodología propuesta por Sukhatme (1960), la cual se basa en conglomerados de igual tamaño. Para ello, se estimaron los

cuadrados medios para conglomerados de 2, 3, 4 y 5 plantas, respectivamente y se procedió a calcular la eficiencia, dividiendo el cuadrado medio de los elementos del i-ésimo conglomerado (plantas) entre el cuadrado medio de las medias de conglomerados (sitios). Es decir, se calculó la eficiencia del muestreo por conglomerado de tamaño igual conforme la siguiente ecuación:

$$RE = \frac{S_w^2}{M \cdot S_b^2} \quad (13)$$

donde:

- R.E = Eficiencia Relativa.
- $S_w^2$  = Cuadrado medio de los elementos de la población (plantas).
- M = Número de plantas que forman el conglomerado.
- $S_b^2$  = Cuadrado medio de las medias de conglomerados de la población.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

### I. COMPARACION DE TRES METODOS DE CUANTIFICACION DE ENFERMEDAD.

En los cuadros 4 y 5 se presentan los resultados estadísticos de los tres métodos de cuantificación de enfermedad para la roya (Hemileia vastatrix Berk & Br.) y la mancha de hierro (Cercospora coffeicola Berk & Cooke.). Tomando en consideración los coeficientes de variación, observamos que el método de estimación visual fue el que presentó mayor estabilidad en cuanto a la cuantificación de las enfermedades.

Además de este resultado estadístico es importante señalar que este método permite expresar la proporción de tejido enfermo directamente, sin necesidad de utilizar o aprender escalas de grados. Esta característica permite el ahorro de tiempo y recursos, lo cual es muy importante al momento de llevar a cabo una investigación.

Algunos autores consideran que el método de estimación visual es subjetivo o impreciso. Otros sostienen que la precisión del método varía según la magnitud de la enfermedad leída. Horsfall (1978) dice que al ojo se le hace mas fácil leer tejido enfermo con valores de enfermedad abajo del 5% y arriba del 75%. Sherwood et al (1983) afirman que las estimaciones visuales tienden a ser demasiado altas a niveles de severidad bajos Lindow (1983) estimó que los estimados visuales se desvían a lo más en un 50%.

**CUADRO 4. Estadísticos para los tres métodos de cuantificación de enfermedad en el caso de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.).**

ENFERMEDAD	METODOS			
	ST	I (ESCALA)	II (ESCALA)	III (VISUAL)
ROYA	MED	1.96	4.23	0.91
	SD	0.94	2.71	0.28
	CV %	48.92	64.09	30.92

**CUADRO 5. Estadísticos para los tres métodos de cuantificación de enfermedad en el caso de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke).**

ENFERMEDAD	METODOS			
	ST	I (ESCALA)	II (ESCALA)	III (VISUAL)
MANCHA DE HIERRO	MED	0.31	0.58	0.18
	SD	0.29	0.59	0.15
	CV %	93.91	101.11	83.15

Claves usadas en los cuadros:

**ST** = Estadísticos.

**MED** = Promedios.

**SD** = Desviación estándar.

**CV** = Coeficiente de variación expresado en porcentaje.



No obstante ésto, Horsfall & Cowling (1978) afirman que el ojo humano es una fotocelda altamente portátil, rápida y sorprendentemente precisa y que, por tanto, el método de estimación visual es tan objetivo y preciso como cualquier método basado en escalas pictóricas o descriptivas. Fundamenta su tesis en los experimentos que Horsfall y Heuberger (1942) llevaron a cabo en los que lograron estimar variaciones menores del 1% cuando la identidad de los métodos era desconocida por el observador.

La ley Weber-Fechner dice que la agudeza visual es proporcional al logaritmo de la intensidad del estímulo. Esta ley aplicada por Horsfall y Barrat en 1945 proporcionó el argumento racional para el sistema visual de medición de enfermedades. Este sistema adapta los grados de enfermedad a la capacidad intrínseca de lectura de la fotocelda humana (Horsfall y Cowling, 1978).

Por nuestra propia experiencia, sostenemos que a medida que el investigador toma experiencia en su uso y ajusta su visión hasta lograr congruencia en sus mediciones, el método se vuelve más fácil de usar y con menor probabilidad de equivocación en la cuantificación.

El uso de escalas aumenta las dificultades ya que las enfermedades en el campo muestran síntomas muy variados y se hace necesario ajustar la visión para lograr congruencia entre

estimaciones de un mismo nivel de infección para diferentes enfermedades. A esta dificultad se suma el problema de tener que traducir a una escala lo que se ve en el campo. Esto exige una familiaridad estrecha con el desarrollo del cultivo y de la enfermedad (Tórrez, 1990).

En el caso de los métodos de escala aquí evaluados, la conversión de pústulas grandes y medianas a pequeñas implica un aumento considerable de la variación porque el observador debe calcular cuantas lesiones pequeñas están comprendidas en el área afectada. Esta variación se podría evitar si fuera posible encontrar solamente pústulas pequeñas en el campo, lo cual, evidentemente, no es realista.

Por otro lado, hace falta señalar que la diferenciación entre hojas grandes, medianas y pequeñas y su posterior conversión a hojas grandes en el caso del método de escala II no es técnicamente correcto. Debe considerarse mejor un tamaño promedio de hoja.

Otra característica observada del método de estimación visual es que, a diferencia de los otros métodos evaluados, no requiere de muchos refinamientos técnicos para ser aplicado. Esto representa otra ventaja en términos del ahorro de tiempo y recursos.

## “II. CARACTERIZACION GENERAL DE LAS FINCAS EN ESTUDIO.

La carecterizacion es la acumulacion y analisis de informacion en forma de variables identificables que constribuyen a explicar la presencia y posibles causa de problemas detectados a partir de la información general. Su análisis implica un ordenamiento de la información en forma tal que permita describir y cuantificar los procesos y ambientes que generalmente rodean, determinan y generan el conjunto de interacciones que son justamente los factores que confirman el problema (Mejia, 1990).

Es importante tener la relación de la caracterización de las fincas como un sistema, ya que facilita extraer información y nos permite conocer el comportamiento de las enfermedades. No se llegó a obtener la caracterización completa por que interesaba el sub sistema enfermedad y como el entorno de cada uno de los patógenos influye sobre su comportamiento y sobre los métodos de evaluación y cuantificación de los mismos.

De acuerdo a Hart (1985), interesa la entrada de inóculo, el tejido de la planta, la utilización de agroquímicos y los factores ambientales. En resumen es importante en el estudio de los fitopatógenos dentro de un agroecosistema, analizar la interacción que ocurre con los otros sub sistemas (suelo, cultivo, maleza u otros organismos).

Con ese propósito se mantuvo la encuesta dinámica mediante la cual se documentaron las características físicas, el nivel tecnológico y el manejo agronómico del cultivo.

#### **1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS LOTES DE OBSERVACION.**

Las características físicas de los lotes de observación aparecen en el cuadro 4. El lote de la Pintada presenta una altitud de 1050 mnsn, el cafetal presentó problemas durante la fase de establecimiento del cultivo debido a que las plantas fueron traídas de otra finca, sufrieron un cambio brusco de ambiente y fueron maltratadas. Esto, a criterio del productor, las debilitó y condicionó para que su producción fuera siempre deficiente, dicha finca presenta suelo semi planos, pesados con mucha sombra y diversidad de especies.

El lote de la Laguna presenta una altitud de 850 mnsn, ubicado en la falda de un cerro escarpado y por eso presenta una pendiente muy elevada; el suelo es de textura pesada con poca profundidad y presencias de piedras, presentó siempre un ambiente muy frío y húmedo (parecido al de pluvioselva) y cercano a él pasa un río. La Sombra era moderada y con gran diversidad de especies, el cafetal era bastante viejo con presencia de muchas malezas.

El lote Asilo presenta una altitud 650 mnsn, suelo con topografía onduladas, profundos con texturas franco arenosos y debido a la irregularidad de su topografía se daban grandes arrastres de tierra dando como consecuencia que la plantación mostrara síntomas de deficiencias de micronutrientes, además cabe señalar que la plantación tenía poca sombra y es un cafetal bastante joven.

**Cuadro 6. Característica física de los lotes de observación.**

Caraterística	Pintada	Asilo	Laguna
Altura(msnm)	1050	650	850
Nombre del lote	El Recuerdo	Arabia	El Puente
Edad del Lote	10 (años)	6(años)	10(años)
Area (ha)	2.3	2.8	4.9
Tipo de suelo	Rojizo Semi Pesado	Suelto Arenoso	Rojizo Pesado Arcilloso
Pendiente (%)	20	45	30

## 2. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO.

El manejo agronómico se realiza según el nivel tecnológico, éste fue definido basado en la información obtenida de las fincas en estudio, según Gariazzo, (1984) citado por Mejía, (1990) la tecnología en el cultivo de café se mide fundamentalmente por el uso de agroquímico, calidad de los cafetos, variedad de altos rendimiento, cantidad de sombra y el mejor cuidado manual aplicado en las labores de cultivo.

Por eso se presenta primero un cuadro comparativo acerca del nivel tecnológico de las fincas (cuadro 7) y después el manejo agronómico, propiamente dicho (cuadro 8).

Si se observa el cuadro 8, tomando en cuenta las cantidades relativas y frecuencias de aplicación de los agroquímicos, así como el tipo de labor realizado, se verá que en la Pintada los hongos y las malezas fueron problemas muy serios. Obsérvese, muy particularmente, la cantidad y diversidad de productos utilizados para el control de las enfermedades fungosas en esta finca. Entre las posibles razones de esta problemática debe considerarse la edad del cafetal (cuadro 6) y el hecho de que sufriera un fuerte estrés durante la etapa de establecimiento del cultivo.

Esta misma condición fue, precisamente, la que condujo al productor a receparlo a los 5 años de edad. No obstante, este

cafetal mantuvo siempre una producción deficiente y, por esta razón, el productor decidió no aplicar suficiente fertilizante durante este ciclo.

En la Laguna el manejo agronómico no se realizó de acuerdo al plan técnico establecido sino que estuvo determinado por la disponibilidad de recursos económicos de la finca, lo cual fue muy irregular durante este ciclo. Cuando se consiguieron insumos se aplicaron en forma desordenada, pero, a juzgar por las cantidades, se dió el primer lugar a la fertilización, el segundo a las malezas y el tercero a los insectos y patógenos. Sin embargo, las fertilizaciones foliares de julio y noviembre se realizaron cuando el número de hojas se había reducido drásticamente (Somarriba 1992).

En el Asilo se priorizó la fertilización y el control de malezas. Al parecer, los insectos chupadores o el minador tomaron importancia en cierta época del año debido a la irregularidad de las lluvias la cual permite el incremento de las poblaciones principalmente el minador del café que se ve favorecida por estas condiciones particulares.

CUADRO 7. Nivel tecnológico de las fincas muestreadas.

FINCAS Y SU ALTURA (msnm)		PINTADA 1050	ASILO 650	LAGUNA 850
NIVEL TECNOLOGICO		SEMI- TECNIFI	TECNIFICADO	SEMI- TECNIF.
VARIEDAD		CATUAI ROJO	CATURRA Y CATUAI AMARILLO	CATURRA
RECEPADO ? A QUE EDAD ? (Años)		SI A LOS 5	NO	SI A LOS 6
DISTANCIA DE SIEMBRA (Mts.)		2.4 x 0.8	2.5 x 0.8	1.7 x 1.3
DENSIDAD DE SIEMBRA (Ptas/ha)		4444	4726	4726
SOMBRA	%	55	15	30
	TIPO	CUERNO DE VACA  AGUACATE DE MONTE  CITRICOS  MUSACEAS	CHILAMATE  MADERO NEGRO	HIGUERILLA  HELEQUEME GUABA CITRICO



cuadro 8. Manejo agronomico de las fincas en estudios , la exclave acerca de los mencionados aparecen en anexo 4.

Mes	Sem	Pintada	Laguna	Asilo
Abr	1ra	Carrileo		
May	1ra	Poda de limpieza		
	2da	Chapia, desbejuque y poda de limpieza		
	3ra	Regulación de sombra		
	4ta	Fung. O.Cu. 3.9 kg/ha + B.1 kg/ha + S. 2.9 kg/ha		Chapia
Jun	1ra	Herb. G. 1.23 Lt/ha + GE. 1.57 Lt/ha + agral 75ml		Fert. completo 5 onza/planta
Jul	3ra		Fert. Fung. e Insect. U. + Mo. 0.73 Lt/ha + Z. 0.73 kg/ha + S. 0.73 kg/ha + M. 0.72 Lt/ha + So. 0.73 kg/ha	Herb. G. 0.19 Lt/ha + Ge. 0.19 Lt/ha + T. 1.07 Lt/ha
	4ta	Chapia, Herb. aplicación igual a Jun 1ra semana		Chapia
Ago	1ra		Caseo	
	2da		Fert. completa 6 onza/pta	
	3ra	Desbejuque		
Sep	1ra	Fung. Igual a May 4ta semana		
	3ra			Fert. Fung. e insect. D. 0.57 Lt/ha + Di 2.8 L/ha + U. 6 kg/ha + T. 0.43 Lt/ha
	4ta			Fert. completo 5 onza/pta
Oct	1ra			Herb. igual a Jul 3ra semana
	2da		Chapia	
	4ta	Fert. Úrea 46% 4 onza/pta	Herb. G. 0.7 Lt/ha	
Nov	1ra		aplicación de químico igual a Jul 3ra semana	
	2da			
	3ra		Aplicación de endosulfan en foco y desbejuque	

### III. ESTUDIO DE LA RELACION INCIDENCIA - SEVERIDAD.

La relación incidencia-severidad mostró una tendencia estadísticamente significativa y consistente para los tiempos seleccionados del período de observación, tanto para el caso de los datos de semanas individuales como para el caso de promedios semanales, cuando se correlacionaron las primeras cuatro semanas, las cuatro intermedias y las cuatro finales.

Otro hecho importante es que las correlaciones tuvieron un comportamiento diferente para cada enfermedad a lo largo del tiempo observado (Véanse las figuras 1A-1C). La roya presentó uniformidad en la dispersión de los puntos a lo largo del período de observación; la mancha de hierro mostró poca dispersión de los puntos al principio y al final de la epidemia y mucha dispersión en la fase intermedia; la antracnosis presentó mucha dispersión de los puntos al principio y disminuyó paulatinamente hacia el final.

Basándose en observaciones hechas en epidemias de roya, Avelino<sup>4</sup> (comunicación personal) propone que al principio de las epidemias las lecturas de las dos variables está sujeta a un menor error debido a la poca cantidad de enfermedad presente en el campo. Sin embargo, de acuerdo a nuestro estudio podemos decir que no se debe generalizar puesto que los resultados demuestran que esto se

4 El Dr. Jaques Avelino es fitopatologo de PROMECAFE y ha realizado diversos trabajos sobre enfermedades de cafe

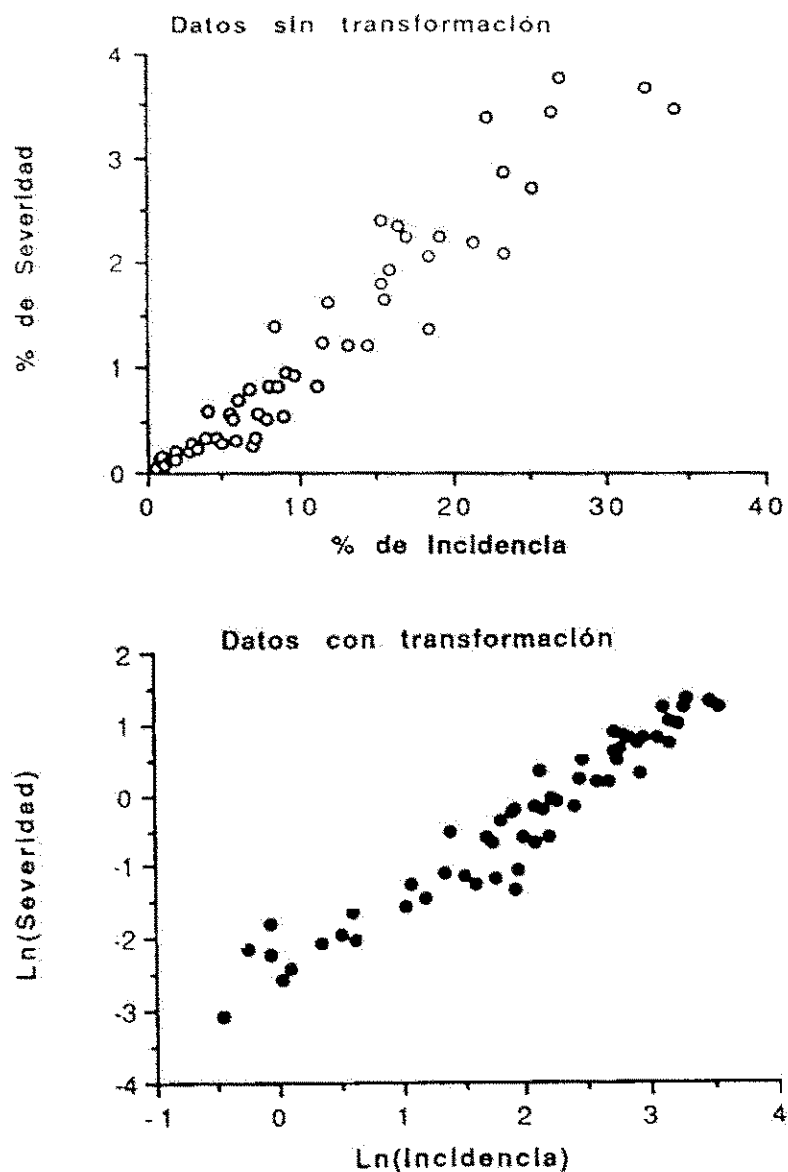


Fig. 1A. Relación entre la Incidencia y la Severidad para el caso de la Roya. Valores promedio semanales, obtenidos a partir del método por estimación visual, para las tres fincas bajo estudio.

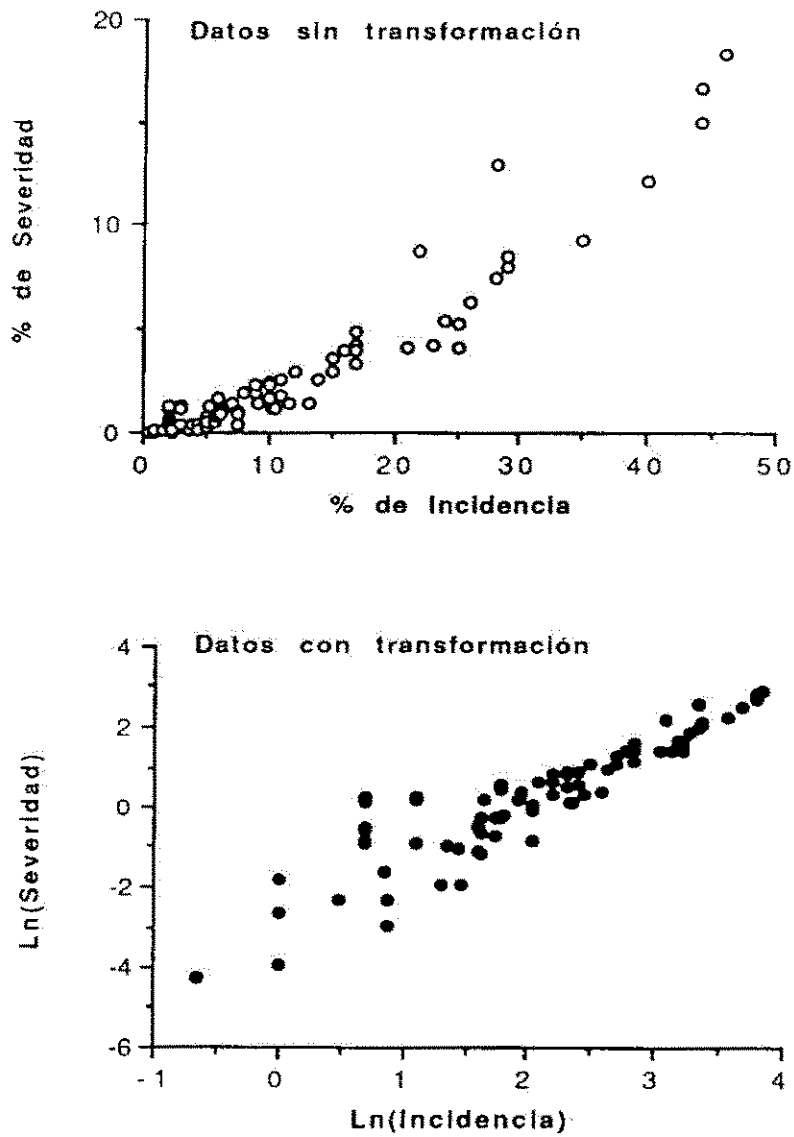


Fig. 1C. Relación entre la Incidencia y la severidad para el caso de la Antracnosis. Promedios semanales obtenido a partir del método de estimación visual, para las tres fincas bajo estudio.

cumple plenamente en el caso de roya (Hemileia vastatrix, Berk & Br.) pero no en los casos de la mancha de hierro (Cercospora coffeicola, Berk & Cooke.) y antracnosis (Colletotricum sp, Noack.).

Las correlaciones altamente significativas entre la incidencia y la severidad dejan ver la posibilidad de establecer una relación incidencia-severidad confiable con la que se puedan hacer estimaciones de la severidad a partir de la incidencia. Esto posibilitaría la utilización de mano de obra no entrenada para la cuantificación de las enfermedades ya que la medición de la incidencia consume menos tiempo y esfuerzo (Chuang y Jeger, 1987). Nuestros resultados demuestran que la relación incidencia-severidad permaneció constante de una finca a otra (excepto para el caso de la antracnosis) cuadro 11 y esto sugiere que se pueden derivar regresiones de uso práctico para estimar la severidad a partir de la incidencia en un local dado y realizar de este modo el manejo de las enfermedades sobre la base de procedimientos más prácticos y económicos. El hongo que causa la antracnosis del café es genéticamente muy variable, con menos especificidad para el café y con una capacidad de desarrollarse sobre una amplia gama de sustratos (Torres 1993); ésta pudiera ser la causa por la que su relación incidencia-severidad no permaneció constante.

Debe tenerse en cuenta, no obstante, que este resultados corresponden al estudio de solamente un año y, por lo tanto, hace falta investigar si la relación permanece constante de un ciclo a

otro tal como lo hicieron Chuang y Jeger (1987), para la mancha foliar del banano.

Para fines de investigación, la decisión de qué variable medir dependerá de los objetivos del estudio. En los casos de enfermedades foliares, como roya, mancha de hierro o antracnosis, es suficiente medir la incidencia. Sin embargo, en los casos de enfermedades de la cereza y las ramas, como la chasparria y la muerte de ramas, debe medirse la severidad, además de la incidencia, porque es necesario conocer no solamente el número de ramas o frutos enfermos sino también la intensidad del ataque Monterroso<sup>5</sup> (comunicación personal).

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a análisis que se hicieron utilizando promedios semanales.

El examen de los coeficientes de correlación entre los pares de variables transformadas demostró que el  $\text{Ln}(x)$  para la incidencia y la severidad dió los coeficientes de correlación más altos de manera más consistente que el resto de transformaciones, aunque también mostraron consistencia los siguientes pares de transformaciones:  $\text{Logit}(I)$  vs.  $\text{Logit}(S)$ ,  $\text{Logit}(I)$  vs.  $\text{Ln}(S)$  y  $\text{Ln}(I)$  vs.  $\text{Logit}(S)$  ( $I$  = Incidencia,  $S$  = Severidad). En el cuadro 9 pueden observarse los coeficientes de correlación de la

---

<sup>5</sup>Dr David Monterrosa Fitopatologo CATIE/MIP ha realizado diversos trabajos sobre enfermedades del cafe-

incidencia y la severidad con transformación logarítmica con un nivel de confianza del 95%, a nivel general podemos decir que para la roya existe una correlación casi perfecta ( $r = 0.96$ ), seguida de la antracnosis ( $r = 0.94$ ) y finalmente la mancha de hierro ( $r = 0.89$ ); en resumen para las tres enfermedades muestran que las dos variables están íntimamente asociadas. En el cuadro 10 se presentan las ecuaciones de regresión estimadas para los datos agrupados de incidencia y severidad de las tres enfermedades, se puede constatar que la relación incidencia severidad no es tan clara para el caso de la mancha de hierro. En las figuras (1.A-1.C) puede apreciarse la reducción de la varianza debida a la aplicación de esta transformación.

**Cuadro 9. Coeficientes de correlación entre los logaritmos neperianos de incidencia y severidad para roya, mancha de hierro y antracnosis en las tres fincas de estudio.**

FINCAS	ROYA	PROB.	MH	PROB.	ANTRA	PROB.
Pintada	0.947	0.000	0.836	0.000	0.976	0.000
Laguna	0.968	0.000	0.948	0.000	0.931	0.000
Asilo	0.982	0.000	0.891	0.000	0.915	0.000
Promedios	0.966	0.000	0.892	0.000	0.941	0.000

! MH = Mancha de Hierro.  
! ANTRA = Antracnosis.

**Cuadro 10. Ecuaciones de la recta de regresión estimada para las tres enfermedades en estudio.**

ENFERMEDAD	ECUACIÓN DE REGRESIÓN ESTIMADA	$r^2$
Roya	$\text{Ln}(Y^*) = -2.5 + 1.08 \text{ Ln}(X^*)$	0.93
Antracnosis	$\text{Ln}(Y^*) = -2.4 + 1.32 \text{ Ln}(X^*)$	0.81
Mancha de hierro	$\text{Ln}(Y^*) = -2.5 + 1.10 \text{ Ln}(X^*)$	0.53

\*  $Y$  = Severidad  $X$  = Incidencia.

En el cuadro 11 se presentan los coeficientes de regresión estimada para cada finca y se señalan con la misma letra los coeficientes estadísticamente iguales. El intercepto presentó variación de una finca a otra para las tres enfermedades, excepto en el caso de la antracnosis, la cual presentó interceptos iguales para el Asilo (650 msnm, en Carazo) y la Pintada (1050 msnm, en Matagalpa). Las pendientes, en cambio, no presentaron variación de una finca a otra, a excepción de la antracnosis que fue diferente para la Laguna. Estos resultados difieren de los de Chuang y Jeger para la mancha foliar del banano (*Mycosphaerella fijiensis* var *difformis* Morelet), los cuales muestran que tanto los interceptos como las pendientes varían de un lugar a otro, pero permanecen constantes de un año a otro. En este caso hubieron factores geográficos y climáticos que determinaron este comportamiento.



**Cuadro 11. Comparación estadística de coeficientes de regresión de la forma  $\ln(S) = a + b\ln(I)$  para tres enfermedades del café (donde S = severidad e I = incidencia).**

ENFERMEDAD	FINCA	INTERCEPTO	PENDIENTE	r <sup>2</sup>
Roya	Asilo	-2.43 a	1.07 a	0.97
	Laguna	-2.25 b	1.00 a	0.94
	Pintada	-2.95 c	1.24 a	0.91
Antracnosis	Asilo	-3.26 a	1.54 a	0.83
	Pintada	-3.17 a	1.60 a	0.95
	Laguna	-1.08 b	0.92 b	0.91
Mancha de hierro	Asilo	-3.16 a	1.21 a	0.78
	Laguna	-3.81 b	1.38 a	0.89
	Pintada	-3.40 c	1.25 a	0.70

Chuang y Jeger compararon sus resultados con los de otros autores y plantean la hipótesis de que si los factores climáticos juegan un papel importante en alterar la relación incidencia-severidad, éstos deben ser más consistentes para enfermedades tropicales que para enfermedades de zonas templadas debido a que la ecología tropical (ellos realizaron su investigación en una área tropical) tiene menos variaciones estacionales que la ecología de zonas templadas.

Otro aspecto que ellos consideran es que la frecuencia con que se realiza el muestreo puede tener un efecto sobre la relación, según se realice en una zona templada o tropical. Las mediciones realizadas en períodos limitados del año en zonas templadas pueden

influir debido a que en estas zonas el clima promedio puede no variar de un año a otro, pero puede ser drásticamente diferente dentro de períodos definidos de un sólo año. Este efecto, en cambio puede no observarse en las zonas tropicales por las razones antes señaladas. Ellos, por lo demás, realizaron el muestreo de manera continua durante todo el año.

La correlación puede variar según el patosistema particular que se esté estudiando. Rouse et al, citados por Chuang y Jeger, realizaron un estudio con el mildiu polvoso del trigo y concluyeron que la incidencia puede ser un pobre indicador de la severidad, a menos que se realice una corrección apropiada de los factores ambientales, los cuales pueden alterar la relación incidencia-severidad de año a año o de lugar a lugar. James y Shih realizaron el mismo estudio y llegaron a la conclusión de que la relación variaba solamente con la estación.

Estos autores también estudiaron la relación en el caso de la roya del trigo y el mildiu polvoso de la manzana y concluyeron que aquella variaba con la estación y no con el lugar. Aunque es posible que en estos resultados, como señalan Chuang y Jeger, hayan influido la frecuencia de muestreo y la ecología tropical, también es posible que tenga influencia la enfermedad y el cultivo que se estén estudiando.

En nuestro caso, puede observarse (cuadro 9) la amplia variación de los coeficientes de correlación para los tres patosistemas en estudio, presentando la roya los más elevados, la antracnosis los de valor intermedio y la mancha de hierro los menores. Este resultado nos indica que la roya presenta una relación muy cerrada y de alta especificidad con el café y que por eso las variables incidencia y severidad se mueven siempre muy cercanamente. En cambio, la alta variabilidad del patogeno que causa la antracnosis y la sensibilidad de la mancha de hierro a la variación del mesoambiente permiten una interacción mas pobre de las dos variables.

El comportamiento de la mancha de hierro del café ocasionado por Cercospora coffeicola descrito en esta figura 1b, coincide con lo observado por Chuang y Jeger en Taiwán para la mancha foliar del banano causada por Mycospharella fijiensis var difformis Morelet).

A partir de nuestros resultados podemos establecer la idea de que el **patosistema** en particular y el **micro** y **mesoambiente** tienen una influencia determinante sobre la relación incidencia-severidad.

**IV. ESTUDIO DEL TAMAÑO Y ARREGLO DE LA MUESTRA.****1. TAMAÑO DE LA MUESTRA SEGUN LA PROPUESTA INICIAL.**

Para aplicar la ecuación 9 obtenida en la sección IV.1 de Materiales y Métodos utilizamos el número de plantas **N** en el lote de observación, que es de 2500 plantas y asumimos un margen de error (**d**) de 20%. El tamaño de la muestra (**n**), resultante de la aplicación de dicha ecuación es el siguiente:

$$n = \frac{2500}{(2500 * 0.2^2) + 1} = 24.7 \approx 25$$

Este resultado no coincide con el tamaño de muestra de 15 plantas utilizado por Kushalappa para cuantificar la roya (Kushalappa, 1982). Sin embargo, el criterio para seleccionar este tamaño de muestra se fundamentó, más bien, en el interés de utilizar un tamaño de muestra que a partir de él nos permitiera obtener la mayor información para poder inferir sobre un número de muestras que este mas acorde a nuestra realidad.

Por esta razón, precisamente, en una sección posterior se hace un estudio del tamaño de la muestra, considerando un modelo teórico de distribución muestral (como es la ley ponderada de Taylor) y a partir de nuestro propio tamaño de muestra.

## 2. DISCUSION DEL ARREGLO DE LA MUESTRA.

La propuesta para el arreglo de la muestra en el caso de las enfermedades foliares del café se basa en lo siguiente: la diseminación y asentamiento del inóculo inicial de las enfermedades son fenómenos aleatorios, pero en la etapa de dispersión local la distribución del inóculo está influenciada principalmente por la distancia, lo cual significa que habrá una cantidad relativamente grande de esporas que caerá cerca del sitio de esporulación (ver anexo 3 fotos).

Van der Plank (1963), afirma que si se traza una línea a partir de una lesión producida por un patógeno, se encontrará que las lesiones hijas son más abundantes cerca del punto de origen que lejos de él. La diseminación de la infección a partir de la fuente forma un gradiente a lo largo de la línea el cual decrece conforme aumenta la distancia de la fuente. Esto parece ser una regla invariable para todas las enfermedades.

Este comportamiento tiene mucha importancia al momento de implementar un plan de muestreo. Ives y Moon (1987), dicen que para implementar planes de muestreo es necesario conocer el patrón de dispersión de los individuos de la población y que en teoría este patrón puede ir de lo regular (con varianza menor que la media) a través de lo aleatorio (con varianza igual a la media, descrito por la distribución de poisson) hasta agregados crecientes

(con varianza mayor que la media), aunque en la práctica muchas poblaciones biológicas tienen distribuciones espaciales agregadas.

Si se considera esta característica de las enfermedades, se verá que es mayor el costo de muestrear plantas individuales que grupos de plantas debido a que se emplea más tiempo y esfuerzo físico buscando observaciones de manera uniforme en un plantío, sabiendo que su distribución natural es por grupos. Como dice Raj (1979), "si se selecciona la muestra directamente sin agrupamiento, tenderá a caer en cualquier lugar y en consecuencia la recolección de la información y la supervisión del muestreo resultarán costosas". En cambio, para nosotros el muestreo en agrupamientos, significó trabajar con las plantas en cada grupo, reduciendo así los costos (en tiempo) de recolectar la información.

## V. COMPROBACION DEL TAMAÑO Y ARREGLO DE LA MUESTRA.

### 1. COMPROBACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

El número de muestras puede estar limitado por la biología del sistema, los costos o las consideraciones de tiempo Campbell (1990). Se espera que los factores biológicos y los costo puedan manejarse, y que se disponga de criterios para establecer un tamaño de muestra óptimo o para establecer una cierta confiabilidad para tomar un número dado de muestras a partir de una población dada.

Estamos claros que nuestro estudio necesita repetirse en el tiempo y el espacio; sin embargo no pretendemos con nuestro datos encontrar el tamaño óptimo de muestras si no que sustentar estadísticamente lo que se hizo en el campo, con el propósito de recomendarlo desde el punto de vista práctico, en ese sentido no hablaremos de tamaño óptimo de muestra si no de número mínimo de muestras a evaluar soportando una variabilidad determinada.

En este sentido y teniendo en cuenta la fig. 2, por definición el número de sitios requerido para estimar la incidencia de Roya, Mancha de Hierro y Antracnosis es de 5 sitios, cuando aceptamos tener un 30% de variabilidad en promedio (C.V). La misma figura ilustra que el número de sitios aumenta de acuerdo a como la media de la incidencia disminuye es decir, que a menor media mayor  $n$ , también podemos observar que esta relación es mas cerrada conforme el coeficiente de variación que se asigna disminuye, es decir, que a menor coeficiente de variación propuesta como confiabilidad del promedio el tamaño de la muestra es mayor ( $n$ ). Esto coincide con lo demostrado por Daamen, (1986) y (citado por Campbell, 1990) en (su trabajo) con el patosistema mildiú polvoriento - trigo.

La diferencia con este trabajo reside en que se trata de dos patosistemas muy diferentes y que ellos contaron con los recursos para levantar un número alto de muestras y durante 4 años consecutivos, la confiabilidad de estos datos está prácticamente asegurada. En nuestra comparación aunque no tenemos repeticiones en ciclos de producción, los datos proceden de 20 fechas diferentes lo

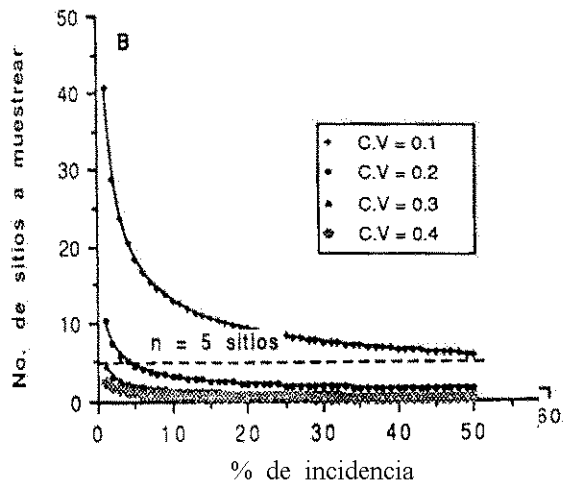
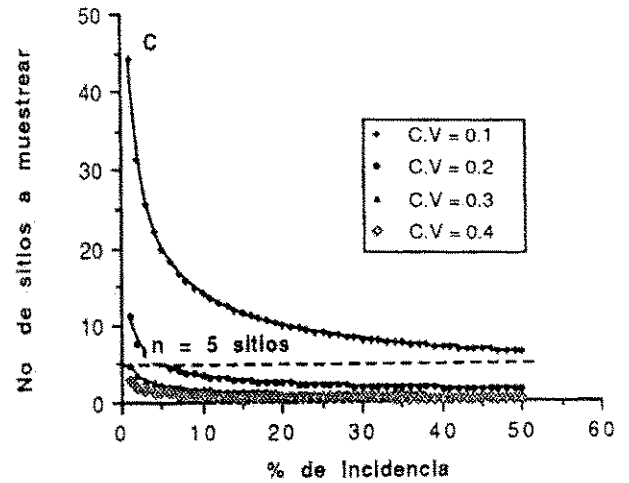
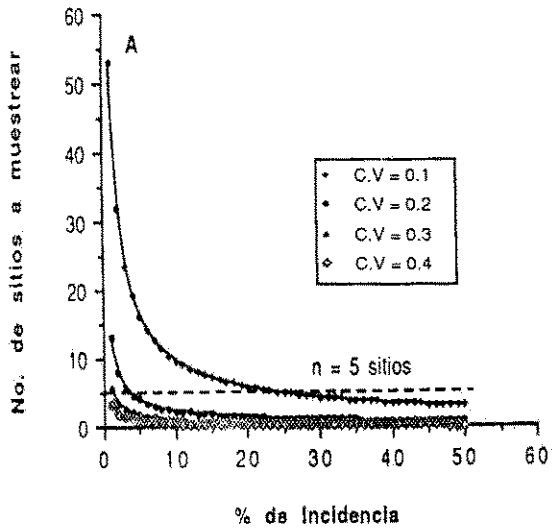


Fig. 2 Número de sitios a muestrear en función de un coeficiente de variación determinado para cuantificar. A: Roya, B: Mancha de Hierro, C: Antracnosis. A partir de plantas agrupadas en conglomerados.



cual ofrece cierta seguridad para que estos resultados se usen en la práctica dado el nivel de conocimiento que se tiene de la interacción planta-patógeno-ambiente.

Con respecto al tamaño mínimo de plantas necesarias para estimar la incidencia de Roya asignando un 30% de variabilidad de la media es de 12 plantas a evaluar para detectar porcentajes promedio bajos de incidencia (1%), para el caso de la Mancha de Hierro y la antracnosis el tamaño mínimo requerido de plantas es de 9 (fig. 3), nótese que existe una relación inversa entre la media de incidencia y el tamaño de la muestra.

Sukhatme & Sukhatme (1970) proponen para la determinación de la varianza de la media en muestreo por conglomerado la siguiente ecuación

$$V_{\text{sitios}} = \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{N}\right) S_b^2 + \frac{1}{n} \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{M}\right) S_w^2 \quad (2)$$

Donde,  $S_b^2$  = Cuadrado medio entre sitio (conglomerado).

$S_w^2$  = Cuadrado medio dentro de los elementos del conglomerado (plantas).

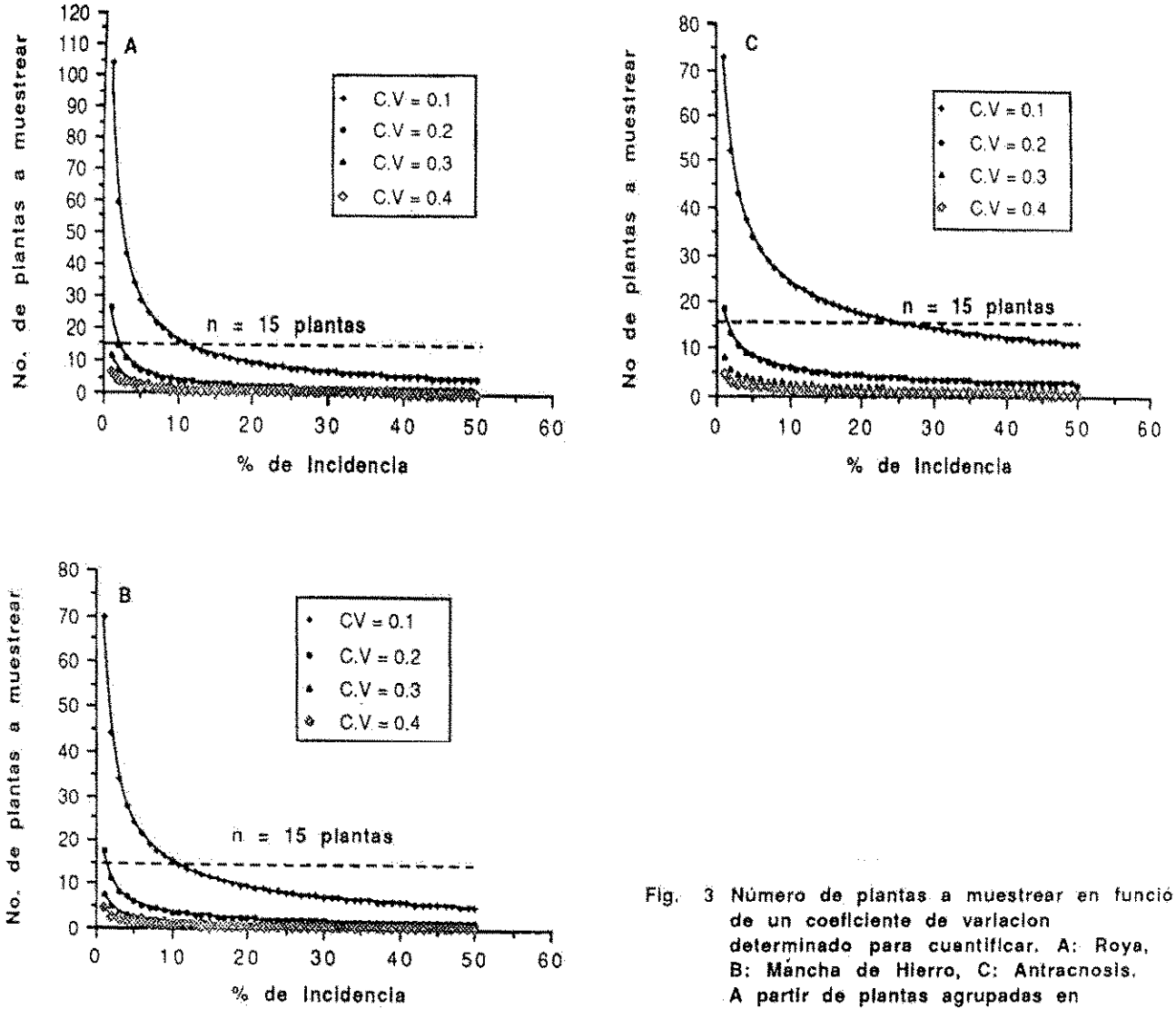


Fig. 3 Número de plantas a muestrear en función de un coeficiente de variación determinado para cuantificar. A: Roya, B: Mancha de Hierro, C: Antracnosis. A partir de plantas agrupadas en conglomerados.

Esta expresión para la varianza de la media de la muestra en un muestreo de dos etapas (sitios y plantas) muestra que la precisión aparte de los valores de sus respectivos varianzas  $S_b^2$  y  $S_w^2$  depende de la distribución de la muestra en los dos estados en otras palabras  $n$  y  $m$ .

El costo del muestreo (**tiempo**) depende indidudablemente de los valores de  $n$  y  $m$ .

Nosotros estamos interesados si podemos reducir el costo (tiempo) conservando (**fijando**) las varianzas obtenidas en el muestreo realizado. Para llevar a cabo esta minimización, Sukhatme & Sukhatme 1970 propone la siguiente ecuación de aproximación :

$$m^2 = \frac{C_1}{C_2} * \frac{S_w^2}{S_b^2} \quad (3)$$

$$m = \sqrt{\frac{C_1 * S_w^2}{C_2 * S_b^2}} \quad (4)$$

Donde,  $C_1$  = Costo de muestreo por conglomerado.

$C_2$  = Costo de muestreo por planta.

Entonces, los tiempos que se usaron para el muestreo fue de 5 minutos por planta ( $C_2$ ) y 25 minutos por sitios ( $C_1$ ), lo cual e s t a b l e c e q u e :

para Roya:

$$m = \sqrt{\frac{276.82 * 25}{147.3 * 5}} = 3.06$$

para Mancha de Hierro:

$$m = \sqrt{\frac{92.43 * 25}{70.5 * 5}} = 2.56 \approx 3$$

para Antracnosis:

$$m = \sqrt{\frac{25.326 * 25}{20.5 * 5}} = 2.49 \approx 3$$

De acuerdo a los argumentos anteriores se pueden evaluar la incidencia en estas 3 enfermedades con los niveles de variación estimados en este estudio, seleccionando 15 plantas distribuidas en 5 conglomerados de 3 plantas cada uno. Para verificar nuestra relación  $m$ ,  $\sigma^2$  será necesario regresar al campo para levantar información de por lo menos 25 sitios en varios lugares y para 3 momentos (inicio, intermedio y final de las epidemias).

## 2. COMPROBACION DEL ARREGLO DE LA MUESTRA.

La distribución espacial es la principal característica ecológica propia de las especies; experimentarlo o investigarlo es

difícil, porque si las poblaciones están restringidas la distribución natural es alterada.

En la práctica, las distribuciones de frecuencia siguen un patrón desconocido y erráticamente afectado por muchos factores tales como la incursión de parásitos o predadores, pérdidas del hospedero, etc, así como también de otro gran número de factores menores que generan grandes consecuencias. En la práctica, todo lo que puede ser efectivamente medido en programas de muestreo rutinario, es a través de la media y la varianza. La media y la varianza han sido combinados en varias vías para producir coeficientes o índices de agregación como ayuda conceptual en el manejo de datos (Taylor, 1984).

Los coeficientes empíricos de la regresión obtenidos en la relación media ( $m$ ) varianza ( $\sigma^2$ ) estiman que el tipo de distribución que presentan las enfermedades bajo estudio es agregado. Se demostró consistentemente para la roya, mancha de hierro y antracnosis que la varianza ( $\sigma^2$ ) es mayor que la media ( $m$ ), lo cual coincide con la distribución de agregados crecientes.

El argumento de agregación es sustentado más fuertemente cuando se constata que  $b > 1$  para las tres enfermedades (fig 4).

Las tres enfermedades muestran índice de agregación diferentes (fig 4), esto se debe principalmente a que la agregación es algo que es experimentado por cada individuo y depende del número total presente.

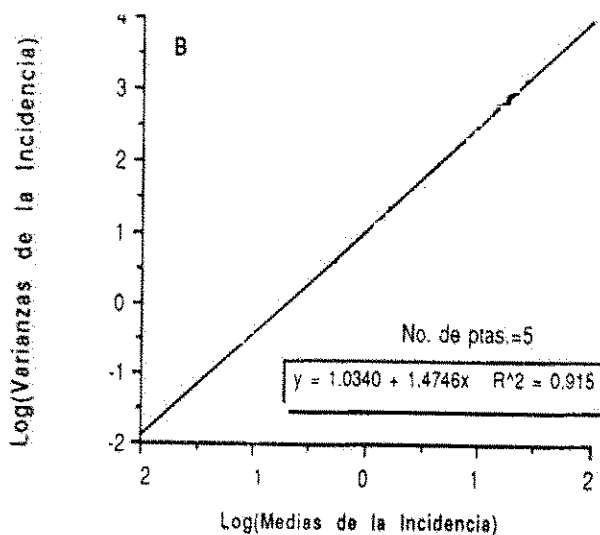
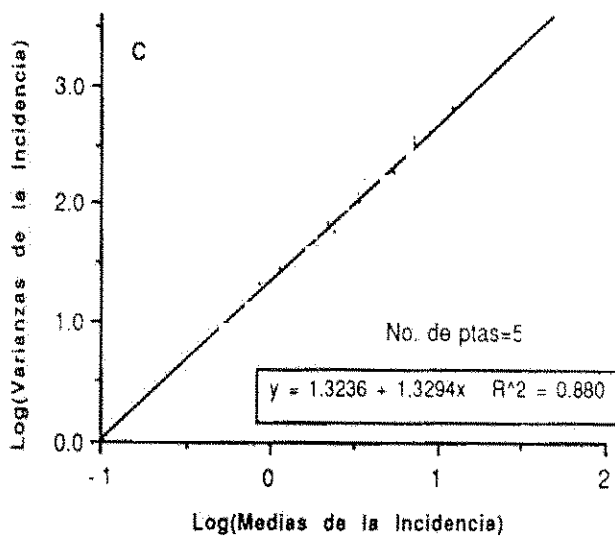
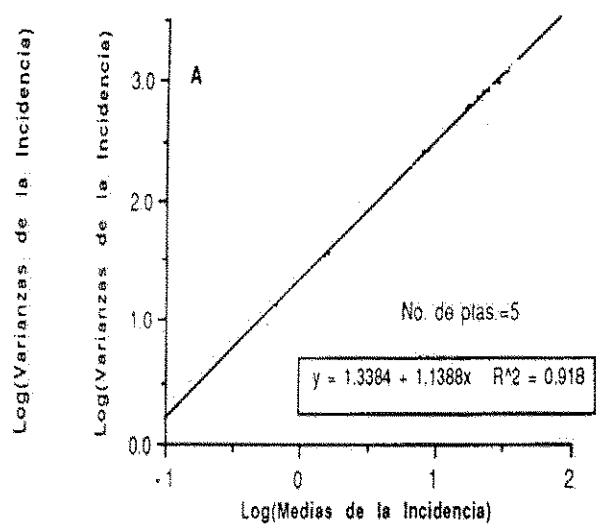


Fig 4. Relación del logaritmo de la varianza y logaritmo de la media para la incidencia de la Roya (A), mancha de Hierro (B) y la Antracnosis (C) del café a partir de muestreo por conglomerados.

### DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DEL MUESTREO.

Para las tres enfermedades en estudio, la eficiencia relativa del muestreo en relación al muestreo simple aleatorio aumentó conforme disminuyó el número de elementos del conglomerado, según Sukhatme & Sukhatme (1970), el tamaño del conglomerado influye sobre la eficiencia del muestreo para extraer varianza entre individuos, en general cuanto más pequeño es el conglomerado, más exacta será la estimación de la característica de la población para un número dado de elementos en la muestra lo cual significa que el muestreo por conglomerado será eficiente si los conglomerados son formados de tal forma que la varianza entre las medias de los conglomerados sea tan pequeña como sea posible mientras que la varianza dentro de los elementos del conglomerado sea tan grande como sea posible, lo cual se cumple en nuestro estudio como se puede constatar en los cuadros 12, 13 y 14.

Sin embargo, dado que el asentamiento o depósito del inóculo primario es aleatorio y es influenciado por factores totalmente externos a la planta y que el proceso secundario o de dispersión está influenciado principalmente por la distancia del tejido susceptible; se puede establecer que una eficiencia intermedia sería recomendable con el propósito de equilibrar lo aleatorio de la infección primaria con lo "agregado" o "de contagio" de las infecciones secundarias. Por eso recomendamos que es importante mantener el mismo número de sitios y que es factible bajar de cinco a tres plantas el tamaño del conglomerado.

**Cuadro 12. Eficiencia relativa de conglomerados de diferente tamaño para la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk & Br).**

FINCAS	ESTIMADOR	TAMAÑO DEL CONGLOMERADO			
		2	3	4	5
LA PINTADA	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	240.3	447.9	365.9	486.73
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	176.6	288.5	212.5	295.06
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>0.68</b>	<b>0.52</b>	<b>0.43</b>	<b>0.33</b>
LA LAGUNA	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	125.2	132.6	145.97	131.59
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	79.07	55.32	60.73	47.22
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>0.79</b>	<b>0.79</b>	<b>0.60</b>	<b>0.56</b>
EL ASILO	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	351.5	396.1	380.05	339.18
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	329.0	318.2	316.52	260.60
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>0.53</b>	<b>0.41</b>	<b>0.30</b>	<b>0.26</b>



**Cuadro 13. Eficiencia relativa de conglomerados de diferente tamaño para mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*).**

FINCAS	ESTIMADOR	TAMAÑO DEL CONGLOMERADO			
		2	3	4	5
LA PINTADA	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	89.08	100.1	165.31	164.14
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	83.24	96.21	131.59	135.15
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>0.54</b>	<b>0.35</b>	<b>0.31</b>	<b>0.24</b>
LA LAGUNA	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	456.2	356.2	403.53	357.88
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	330.7	227.4	269.07	229.45
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>0.69</b>	<b>0.52</b>	<b>0.37</b>	<b>0.31</b>
EL ASILO	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	75.61	94.38	90.49	92.71
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	66.87	72.33	70.12	65.23
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>0.49</b>	<b>0.43</b>	<b>0.32</b>	<b>0.28</b>

**Cuadro 14. Eficiencia relativa de conglomerados de diferente tamaño para antracnosis (*Colletotrichum ssp* Noack).**

FINCAS	ESTIMADOR	TAMAÑO DEL CONGLOMERADO			
		2	3	4	5
LA PINTADA	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	2.779	3.464	7.698	6.980
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	1.734	1.803	2.926	2.767
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>0.80</b>	<b>0.64</b>	<b>0.66</b>	<b>0.50</b>
LA LAGUNA	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	2.662	8.466	6.662	5.499
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	1.181	4.351	3.043	2.105
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>1.13</b>	<b>0.65</b>	<b>0.55</b>	<b>0.52</b>
EL ASILO	CUADRADO MEDIO ENTRE PLANTA	32.20	134.9	105.60	87.438
	CUADRADO MEDIO ENTRE SITIO	13.81	40.33	23.213	16.303
	<b>EFICIENCIA</b>	<b>1.17</b>	<b>1.11</b>	<b>1.14</b>	<b>1.07</b>

**CONCLUSIONES**

- El método de estimación visual para la cuantificación de la severidad de las enfermedades en café fue menos variable, y más práctico que los métodos basados en escala evaluados en este estudio.

- La incidencia y la severidad mostraron una alta correlación al inicio y al final de las epidemias, disminuyendo en la fase intermedia. La correlación fue consistente a lo largo de las epidemias.

- La relación incidencia-severidad es afectada por diversos factores (clima, medio ambiente, el patosistema particular, el manejo agronómico, etc.), por lo cual debe tener cuidado de no extrapolar resultados muy particulares.

- De las enfermedades foliares en café como roya (Hemileia vastatrix Berk & Br), mancha de hierro (Cercospora coffeicola Berk & Cooke) y antracnosis (Colletotricum sp Noack) es suficiente medir la incidencia.

Las enfermedades en estudio como roya, mancha de hierro mancha de hierro y antracnosis presentaron un comportamiento agregado.

- La varianza dentro de conglomerados (planta) siempre fue mayor que la varianza entre conglomerados (sitio), justificando la importancia de usar los conglomerados como un argumento principal en el muestreo de las enfermedades roya, mancha de hierro y antracnosis.

- Para evaluar la incidencia de roya Hemileia vastatrix, mancha de hierro Cercospora coffeicola y antracnosis Colletotricum sp del café se deben tomar como mínimo 15 plantas a evaluar, estas distribuidas en 5 conglomerados de 3 plantas cada uno.

### Recomendaciones

- Darle continuidad a este estudio con el fin de verificar si la relación incidencia-severidad permanece constante de un ciclo a otro, así como también para verificar la relación media varianza tomando información de varios lugares, de por lo menos 25 sitios, y durante 3 momentos (inicio, intermedio y final de las epidemias).
- Para evaluar la incidencia Roya, Mancha de Hierro y Antracnosis guardando los niveles de variación determinado en este estudio, se seleccionar 15 plantas distribuidas en 5 conglomerados de 3 plantas cada uno.
- Para cuantificar el comportamiento de las enfermedades foliares del cafeto, se puede utilizar únicamente la incidencia.

**BIBLIOGRAFIA.**

- **Chuang, T.Y. & Jeger, M.J. 1987.** Relationship Between Incidence and Severity of banana leaf spot in Taiwan. *Phytopathology*, The American phytopathology society. vol 77: No 11, 1987.
  
- **Campbell, C.L & Laurence, V.M. 1990.** Introduccion Plant Disease Epidemiology. New York. United States Copyright. 532 p.
  
- **Des Raj. 1979.** La estructura de las encuestas por muestreo. primera edición. Mexico, editorial Mexico 12. DF.
  
- **Horsfall, J.G., and Barrat, R.W. 1945.** An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology* 35: 655.
  
- **Horsfall, J.G. and Cowling, E.B. 1978.** Pathometry : the measurement plant disease, plant disease vol 2. How disease develops in populations (J.G Horsfall and E.B. Cowling eds). Academic, New York, pp. 119-136.
  
- **Hart, R.D. 1985.** Concepto básico sobre agroecosistemas. Turrialba, C.R. : Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza. 160 p.

- Ives, P.M & Moon, R.D. 1987. Sampling theory and protocol for insects en P. S Teng. Crop loss assessment and pest Managemet. the American phytopathology society, united states of America.
  
- Kushalappa, A.C. And Ludwig, A. 1982. Calculation of apparent infection rate in plant diseases: Development of a method to correct for host growth. Phytopathology 72: 1373 - 1377.
  
- Lindow, S.E & Webb, R.R. 1983. Quantificacion of foliar plant disease symptoms by microcomputer-digitized video image analysis. phytopathology 73: 520 - 524.
  
- Mejia, A.E. 1990. Caracterización y evaluación de diferencias en el manejo del cultivo del café (Coffea arabica L.) en dos municipios de Matagalpa, Nicaragua. Turrialba Costa Rica, CATIE. 102 P.
  
- Sukhatme, P.V & Sukhatme, B.V. 1970. Sampling theory of surveys whith applictions. Primera edición, New Delhi, India, and the Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. International Standard book. p. 452.
  
- Sherwood R.T., Berg, C.C., Hoover, M.R., and Zeiders, K.E. 1983. Illusion in visual assessment of stagonospora leaf spot of orchadgrass. phytopathology 73: 173 - 177.

- Seem R.C. 1984. Disease Incidence And Severity Relationships. By Anual Reviews Inc. Ann Rev. Phytopathol. 22: 133 - 50.
  
- Scheaffer, R.L. & Mendenhall, W. 1987. Elementos de muestreo. Mexico, editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., p. 321.
  
- Somarriba, B.G. 1992. Epidemiología de la "mancha de hierro" del café (*Cercospora coffeicola* B. & Ck.) en las regiones norte y Pacífico de Nicaragua. Tesis de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 79 + x p.
  
- Taylor, R.R. 1984. Assesing and interpreting the spatial distrbutions of insect populations. Ann. Rev. entmol 29:321-57.
  
- Torrez, E. 1990. Observaciones sobre el uso de las escalas. Managua, CATIE-MIP. 12 P.
  
- Torrez, P.M. 1993. Especies de "Colletotricum" asociados a Coffea arabica L. En Nicaragua. Tesis de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 85p.
  
- Van Der Plank, 1963. Plant diseases: Epidemics and control. printed in the unietd states of America. By academic press, p. 349.

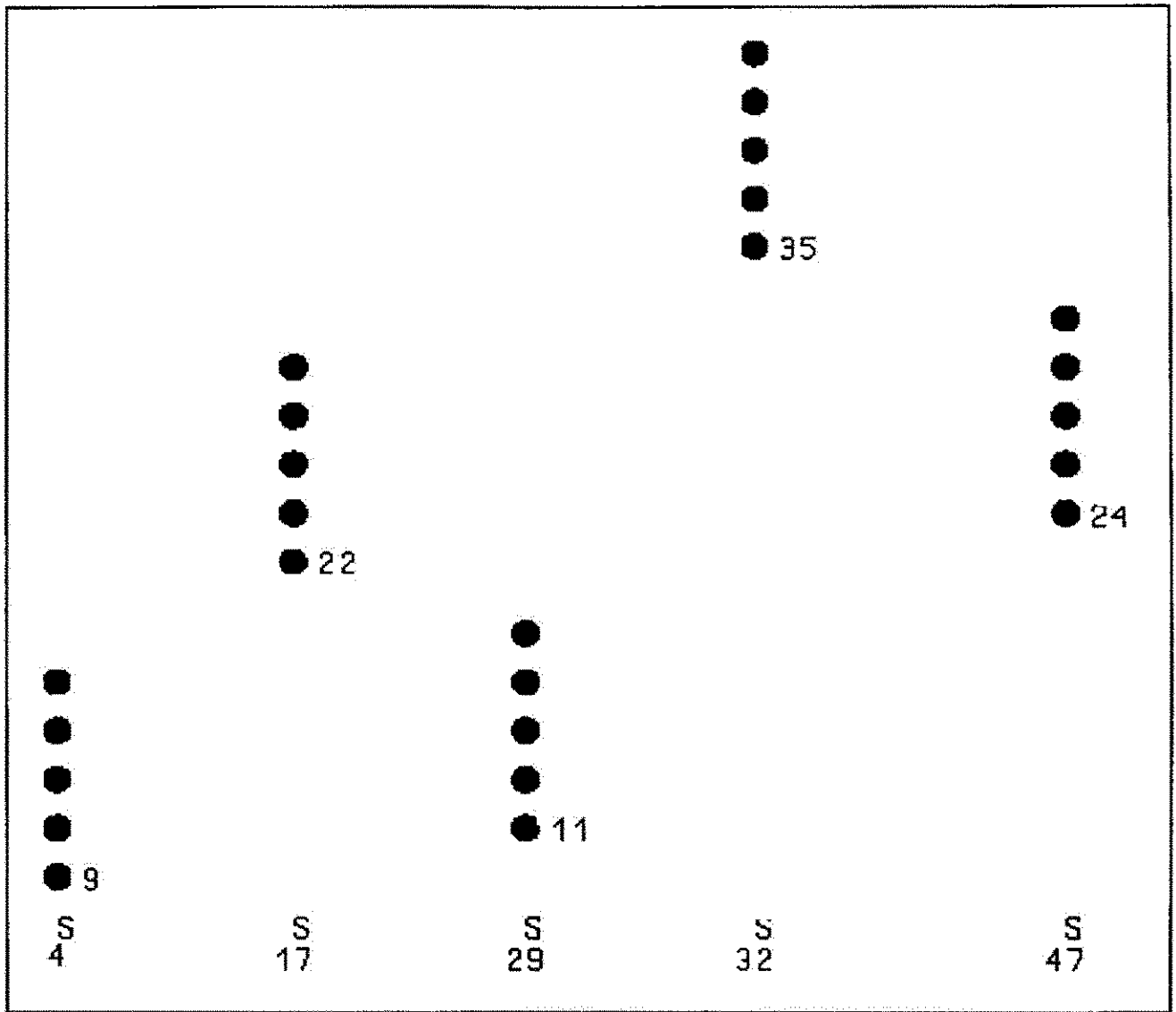


- **Vásquez, C. O. 1992.** Epidemiología de la "roya" del café (*Hemileia vastatrix* B. & Br.) en las zonas norte y pacífico de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 56 + vii p.
  
- **World Bank, International division trade, 1992.** Nicaragua: coffee subsector study main report.

## Anexo 1

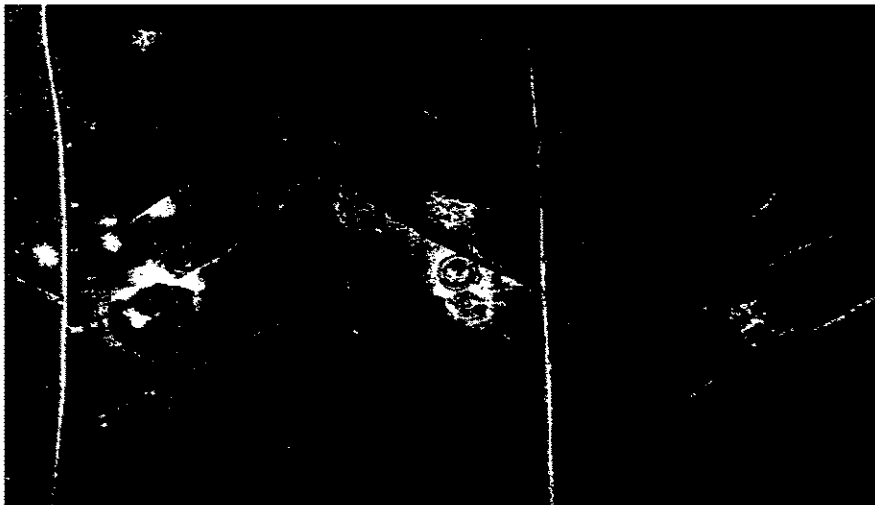
**Marco teórico de referencia para la cuantificación de enfermedades foliares en café por el método de estimación visual.**

<u>Severidad (%)</u>	<u>Descripción</u>
0 -----	Ninguna lesión aparente en la bandola.
0.1 -----	Hojas afectadas con 2 lesiones pequeñas (hasta 0.5 cm <sup>2</sup> ) o una lesión mediana (0.5-1 cm <sup>2</sup> ), en una bandola con 10 hojas.
0.5 -----	Hojas afectadas con 4 lesiones pequeñas, 2 lesiones medianas ó 1 lesión grande (>1<2cm <sup>2</sup> ) en una bandola con 10 hojas.
1.0 -----	Hojas con 8 lesiones pequeñas 4 lesiones medianas o 2 lesiones grandes.
5.0 -----	Hojas afectadas con 16 lesiones pequeñas, 8 lesiones medianas ó 4 lesiones grandes.
10.0 -----	Hojas afectadas con 32 lesiones pequeñas, 16 lesiones medianas, 8 lesiones grandes o una hoja tizoneada, en una bandola de 10 hojas.
25.0 -----	Un cuarto del tejido cubierto con lesiones pequeñas, (mas o menos 64), con lesiones medianas (mas o menos 32), con lesiones grandes (mas o menos 16), con 2 hojas con lesiones tizoneadas. un cuarto del tallo de la bandola con muerte regresiva.
50.0 -----	La mitad del tejido con lesiones o 5 hojas tizoneadas. La mitad del bandola con muerte regresiva.
75.0 -----	Tres cuarto del tejido cubierto con lesiones o 7 hojas tizoneadas. los 3/4 del tallo de la bandola con muerte regresiva.
95.0 -----	Muy poco tejido se puede ver aun verde (mas o menos 5%); pero una pequeña parte del tallo permanece vivo.
99.0 -----	Sin hojas y casi todo el tallo está muerto o necrosado.



Anexo 2. Croquis de campo.

ANEXO FOTOS



Roya (Hemilleia vastatrix)



Mancha de Hierro (Cercospora coffeicola)

## ANEXO 4.

Cuadro 3. Clave de los productos Mencionados en el cuadro 8 acerca de las labores agronómicas del cultivo.

<b>O Cu</b>	oxicloruro de cobre	<b>M</b>	malatión
<b>B</b>	Benomil	<b>E</b>	Endosulfán
<b>S</b>	Sandoz	<b>U</b>	Urea
<b>Z</b>	Zandovit	<b>Mi</b>	Micronutrientes
<b>Di</b>	Dithane	<b>F</b>	Fertilización completa*
<b>G</b>	Gramoxone	<b>So</b>	Solubol
<b>Ge</b>	Gesatop	<b>T</b>	Tritón
<b>Hr</b>	Hormonal (2-4-D)	<b>A</b>	Agral
<b>D</b>	Decis		

- \* La fórmula del fertilizante completo utilizado fue 18-6-12-4-2.
- \* Las cantidades y áreas están dadas en sistema M.K.S., excepto para las cantidades de fertilizantes completo. A continuación se dan las equivalencias en dicho sistema:

4 onzas = 113.5 gramos

5 onzas = 142.0 gramos

6 onzas = 170.0 gramos

Otras claves

- \* **Fert.** = Fertilizantes
- \* **Insect.** = Insecticidas
- \* **Fung.** = Fungicidas
- \* **Herb.** = Herbicidas

## Anexo 5

## Glosario.

- Incidencia:** El número de hojas enfermas en una bandola, expresado en forma porcentual con respecto al total de hojas de dicha bandola.
- Severidad :** La proporción de área foliar enferma en una bandola, expresada en forma porcentual y por estimación visual.
- Muestreo :** Parte del método estadístico que trata de la recolección, tabulación y resumen de datos seleccionados de una población finita.
- Poblacion :** Colección de elementos acerca de los cuales deseamos hacer alguna inferencia.
- Elemento :** Objeto en el cual se toman las mediciones.
- Muestra :** Una parte de la población, es un subconjunto del conjunto universal del fenómeno estudiado.
- Parámetro :** Valor típico o descriptor de la población por ejemplo la media y la varianza.
- Estimador :** Función de variables aleatorias observadas y quizás otras constante conocidas, usada para estimar un parámetro por ejemplo la media muestral puede ser usado como un estimador de la media poblacional.
- Unidad de muestreo :** Colección no traslapada de elementos de la población que cubren la población completa.
- Muestra por conglomerado:** Muestra aleatoria en la cual cada unidad de muestreo es una colección, o conglomerado, de elementos.
- Precisión :** Medida de la variabilidad de los valores estimados en relación a los verdaderos valores.

**Exactitud** : Medida de la cercanía de un valor estimado al valor verdadero.

**Agregación** : Es una condición espacial en la cual la densidad es más localmente condensada que al azar.

**Caracterización** : Es la acumulación y análisis de información en forma de variables identificables que contribuyen a explicar la presencia y posibles causas de problemas detectados a partir de la información general.

**Escala** : Son herramientas cuantificadoras que se usan para estimar de manera estándar la magnitud de una enfermedad, o para predecir el riesgo potencial que representa para el cultivo.