



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

"DETERMINACION DEL PATRON DE DISTRIBUCION ESPACIAL  
DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (*Ceratitis capitata* Wiedeman)  
EN EL CULTIVO DEL CAFE (*Coffea arabica* L.) EN DOS  
ALTITUDES DEL SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA"



PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD  
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
POR  
EDWIN MAURICIO RAMIREZ SANTOS  
En el acto de investidura como  
INGENIERO AGRONOMO  
EN  
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, FEBRERO DE 1,994

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**Dr. ALFONSO FUENTES SORIA**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO:</b>	<b>Ing. Agr. Efraín Medina Guerra</b>
<b>VOCAL PRIMERO:</b>	<b>Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales</b>
<b>VOCAL SEGUNDO:</b>	<b>Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes</b>
<b>VOCAL TERCERO:</b>	<b>Ing. Agr. Carlos Roberto Mota de Paz</b>
<b>VOCAL CUARTO:</b>	<b>P. A. Milton Abel Sandoval</b>
<b>VOCAL QUINTO:</b>	<b>Br. Juan Gerardo De León Montenegro</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy</b>

Guatemala, febrero de 1,994

Señores  
Honorable Junta Directiva  
Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Respetables Señores:

En cumplimiento de las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**"DETERMINACION DEL PATRON DE DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (Ceratitis capitata Wiedeman) EN EL CULTIVO DEL CAFE (Coffea arabica L.) EN DOS ALTITUDES DEL SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA".**

Como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

En espera de su aprobación, aprovecho la oportunidad para suscribirme de ustedes,

Atentamente,



EDWIN MAURICIO RAMIREZ SANTOS

**ACTO QUE DEDICO**

**A: EL PADRE ETERNO, POR SUS BENDICIONES.**

**A: MI QUERIDO PAIS, GUATEMALA.**

**A MIS PADRES: NICOLAS RAMIREZ  
LUZ SANTOS IBAÑEZ  
Por su enorme apoyo.**

**A MIS HERMANAS: MARITZA Y MIRIAM.**

**A MIS TIOS: ESPECIALMENTE A FERNANDO SANTOS IBAÑEZ  
Por su apoyo.**

**TODOS MIS FAMILIARES: ESPECIALMENTE A MI ABUELA ALICIA Y A MIS  
PRIMOS.**

## TESIS QUE DEDICO

- A: LA FACULTAD DE AGRONOMIA Y A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- A: MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS UNIVERSITARIOS: JORGE ARISTONDO, RIGOBERTO V. TOBAR, CARLOS MURALLES ACHE, RAUL MORALES MASAYA, OVIDIO PEREZ, BELTER RUIZ, GUSTAVO ESPAÑA, ELMER LOPEZ.
- A: EL PERSONAL DEL PROGRAMA MOSCAMED, ESPECIALMENTE A JORGE ANIBAL REYES URBINA.
- A: EL CUERPO TECNICO DEL PROGRAMA MOSCAMED, ESPECIALMENTE A LOS INGENIEROS EMILIO AGUILAR Y LEONEL CARRILLO.
- A: LOS INGENIEROS FLAVIO LINARES Y ALVARO HERNANDEZ, POR SU VALIOSA ASESORIA.
- A: LOS PROFESORES DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, ESPECIALMENTE AL CUERPO DOCENTE DE LA SUBAREA DE PROTECCION DE PLANTAS.

## INDICE

	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>INDICE DE FIGURAS</b>	i
	<b>INDICE DE CUADROS</b>	ii
	<b>RESUMEN</b>	iv
1.	<b>INTRODUCCION</b>	1
2.	<b>DEFINICION DEL PROBLEMA</b>	3
3.	<b>JUSTIFICACION</b>	4
4.	<b>MARCO TEORICO</b>	
	4.1 Marco Conceptual	
	4.1.1 Patrones de Dispersión	5
	4.1.2 El Muestreo	7
	4.1.3 Modelos Estadísticos	9
	4.2 Marco Referecial	
	4.2.1 Origen e Importancia de la Mosca del Mediterráneo	10
	4.2.2 Morfología de la Mosca del Mediterráneo	10
	4.2.3 Biología y Hábitos	11
	4.2.4 Ecología	12
	4.2.5 El Fruto de Café como Hospedero	13
	4.2.6 Area de Acción del Programa Moscamed	14
	4.2.7 Areas de Evaluación	15
5.	<b>OBJETIVOS</b>	19
6.	<b>HIPOTESIS</b>	19
7.	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	20
	7.1 Localización de las áreas de Estudio	20
	7.2 Descripción del Trabajo de Investigación	24
	7.3 Fases del Trabajo	24
	7.3.1 Fase I o de Premuestreo	28
	7.3.2 Fase II	29
	7.3.3 Fase III	35
	7.3.4 Determinación del Número de Muestras	
8.	<b>PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>	37
	8.1 Temperatura y Humedad Relativa	38
	8.2 Prueba de Medias	
	8.3 Resultados para época de baja y alta abundancia de frutos maduros de café	39
	8.3.1 Premuestreo	40
	8.3.2 Estudio de áreas de 1 ha y 1 Km <sup>2</sup>	43
9.	<b>CONCLUSIONES</b>	63
10.	<b>RECOMENDACIONES</b>	65
11.	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	66
12.	<b>ANEXO</b>	67

## INDICE DE FIGURAS

NUMERO	TITULO	PAGINA
1	TIPOS DE DISTRIBUCION DE LAS POBLACIONES INSECTILES.	7
2	DISTRIBUCION DE AREAS DE TRABAJO DEL PROGRAMA MOSCAMED	16
3	UBICACION DE LAS FINCAS SUJETAS A ESTUDIO	21
4	COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN AMBOS ESTRATOS ALTITUDINALES DURANTE LA ETAPA DE EVALUACION.	38
5	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS EN UN Km <sup>2</sup> DEL ESTRATO ALTO (FINCA MUJULIA) EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	47
6	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS EN UN Km <sup>2</sup> DEL ESTRATO BAJO (FINCA LAS DELICIAS) EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	47
7	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS EN UN Km <sup>2</sup> DEL ESTRATO ALTO (FINCA MUJULIA) EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	48
8	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS EN UN Km <sup>2</sup> DEL ESTRATO BAJO (FINCA LAS DELICIAS) EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	48
9	DISTRIBUCION DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO EN 1 Km <sup>2</sup> EN EL ESTRATO ALTO (FINCA MUJULIA) EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	58
10	DISTRIBUCION DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO EN 1 Km <sup>2</sup> EN EL ESTRATO BAJO (FINCA LAS DELICIAS) EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	59
11	DISTRIBUCION DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO EN 1 Km <sup>2</sup> EN EL ESTRATO ALTO (FINCA MUJULIA) EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	61
12	DISTRIBUCION DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO EN 1 Km <sup>2</sup> EN EL ESTRATO BAJO (FINCA LAS DELICIAS) EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	61

## INDICE DE CUADROS

NUMERO	TITULO	PAGINA
1	FRECUENCIA DE <u>Ceratitis capitata</u> EN LAS UNIDADES DE MUESTREO PAR ESTRATO SUPERIOR (1440 msnm) E INFERIOR (700 msnm).	22
2	RESULTADO DE PRUEBA DE MEDIAS PARA NUMERO DE LARVAS DE AMBOS ESTRATOS (700 Y 1440 msnm) DURANTE EPOCA DE ALTA Y BAJA DISPONIBILIDAD DE HOSPEDERO.	38
3	SELECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE CAFE A MUESTREAR EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO SEGUN INDICE R <sub>v</sub> . BASADO EN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA MUJULIA.	40
4	SELECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE CAFE A MUESTREAR EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDEROS SEGUN INDICE R <sub>v</sub> . BASADO EN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA LAS DELICIAS.	40
5	SELECCION DEL NUMERO DE SITIOS A MUESTREAR EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO SEGUN INDICE R <sub>v</sub> . BASADO EN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA MUJULIA.	41
6	SELECCION DEL NUMERO DE SITIOS A MUESTREAR EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO SEGUN INDICE R <sub>v</sub> . BASADO EN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA LAS DELICIAS.	41
7	SELECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE CAFE A MUESTREAR EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO SEGUN INDICE R <sub>v</sub> . BASADO EN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANO. FINCA LAS DELICIAS.	42
8	VALORES OBTENIDOS PARA CADA EPOCA Y AREA A TRAVES DE PROCEDIMIENTOS ESTADISTICOS.	44
9	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE <u>C. capitata</u> EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO.	48
10	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE <u>C. capitata</u> EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UNA Ha DEL ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS	49
11	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE <u>C. capitata</u> EN EPOCA DE BAJA	

12	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE <u>C. capitata</u> EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN 1 Km <sup>2</sup> EN EL ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS.	52
13	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE <u>C. capitata</u> POR MUESTRA EN 1 Ha. EN ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN EL ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS.	53
14	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS DE <u>C. capitata</u> EN UN Km <sup>2</sup> EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN EL ESTRATO ALTO. FINCA MUJULIA.	54
15	FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS DE <u>C. capitata</u> EN UN Km <sup>2</sup> EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO. FINCA LAS DELICIAS.	55

"DETERMINACION DEL PATRON DE DISTRIBUCION ESPACIAL  
DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (Ceratitis capitata Wiedeman)  
EN EL CULTIVO DEL CAFE (Coffea arabica L.) EN DOS  
ALTITUDES DEL SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA"

"DETERMINATION OF THE SPATIAL DISTRIBUTION PATTERNS OF THE  
MEDITERRANEAN FRUIT FLY (Ceratitis capitata Wiedeman) IN COFFEE (Coffea  
arabica L.) CULTURE AT TWO ALTITUDINAL LEVELS OF THE GUATEMALAN  
SOUTHWESTERN REGION"

RESUMEN

Considerando que: La eficiencia de cualquier técnica de control de una plaga depende del conocimiento que se tenga de ésta, y que la mosca del mediterráneo (Ceratitis capitata Wiedeman) constituye en nuestro medio agrícola una plaga importante; en la presente investigación se tuvo por objetivo conocer la distribución en el espacio de la C. capitata.

El área de trabajo la constituyeron dos fincas de café representativas del manchón cafetalero sur-occidental, específicamente las fincas Mujuliá y Las Delicias, ubicadas a 1440 y 700 msnm, respectivamente. En ambas fincas se trabajó sobre áreas de 1 ha y 1 Km<sup>2</sup>, haciéndose muestreos dirigidos a frutos maduros de café durante dos épocas distintas del año, la primera época fue en los meses de junio-agosto y la segunda en octubre-diciembre, ambas épocas se diferenciaron por la escasez y abundancia, respectiva, de frutos maduros de café; factor que resultó determinante en el comportamiento distribucional de la plaga.

Los resultados obtenidos de los muestreos (número de larvas) fueron sometidos a los siguientes análisis: El índice de Morisita; la proporción de media a varianza de Barfield; y la evaluación de dos modelos estadísticos, Poisson y la Binomial Negativa, utilizándose en ambos la bondad de ajuste de Ji-cuadrado para determinar la estrechez de los datos reales o de campo y los datos calculados.

La diferencia altitudinal entre las dos fincas condicionan a la mosca del mediterráneo a manifestar una mayor o menor abundancia de población en uno u otro estrato altitudinal. Comparando ambos estratos altitudinales, en el estrato alto (finca Mujuliá) se manifestaron mayores traslapes de temperatura y humedad relativa dentro del rango óptimo para el desarrollo de C. capitata. Por lo tanto existió en el estrato alto una mayor abundancia poblacional de larvas por fruto de café.

El patrón de distribución espacial de la mosca del Mediterráneo en ambos estratos y en ambas épocas (alta y baja abundancia de hospedero) es agregado. Los resultados que validan esta conclusión son: 1) El índice de Morisita indicó patrones de este tipo para ambas épocas y ambos estratos. 2) El índice de Barfield indicó patrones de agregación para ambas épocas y estratos. 3) el modelo Poisson no se ajustó en ambas épocas y estratos. 4) El modelo de la Binomial Negativa si se ajustó a la distribución de larvas en el campo.

Los resultados están muy relacionados a factores bióticos y abióticos presentes durante el estudio. Pudiéndose inferir que: en época de baja disponibilidad de fruto maduro de café la agregación responde a factores de tipo físico del ambiente (principalmente poca cantidad de hospedero) ocurriendo agregaciones que no son debidas a factores de tipo social (preferencialidad). En época de alta abundancia de hospedero el comportamiento agregacional se debe principalmente a factores sociales (apareamiento, competencia por alimento, etc.) y a factores de presión física ambiental (altas temperaturas, baja humedad relativa).

Se determinó que para áreas de 1 Km<sup>2</sup> (unidad de muestreo dentro del programa Moscamed) el muestreo se debe hacer tomando 30 muestras en el estrato alto y de 77 en el bajo en la época de baja abundancia de hospedero. De 35 y 113 muestras en el estrato alto y bajo , respectivamente, en época de alta abundancia de hospedero.

## 1. INTRODUCCION

La mosca del Mediterráneo (Ceratitis capitata, Wied) constituye una de las principales plagas de las frutas que atacan a una diversidad de plantas. Se han reportado internacionalmente alrededor de 350 especies de frutos que pueden ser infestados por esta mosca. Los países con presencia de C. capitata reportan pérdidas, por la enorme cantidad de fruta desechada por infestación larvaria, y por la pérdida de mercados internacionales ante la imposición de estrictas medidas cuarentenarias (6).

C. capitata está adaptada para reproducirse en variadas condiciones climáticas, por esta razón, los países aun no infestados tratan por todos los medios de evitar que se introduzca y se establezca en su territorio (6).

En el Sur-Occidente de Guatemala la mosca del Mediterráneo se encuentra ampliamente establecida debido a que las condiciones climáticas, de suelo y abundancia de hospederos son propicias para su desarrollo (11).

El programa MOSCAMED de Guatemala con el objeto de detectar cualquier brote de la plaga, dispone de un sistema de detección basado en la instalación y revisión de una red de trampeo para la captura de los adultos de la mosca del Mediterráneo. También se efectúa una recolección de frutos que son comunmente infestados por la plaga, en las cuales se identifican larvas presentes en cada especie de frutos. Desde 1,975 a 1,991 se han detectado en el país 33 especies de frutales como hospederos naturales, de los cuales el café es el más infestado por C. capitata. Además de ser un abundante hospedero durante el año, en la franja cafetalera del sur-occidente guatemalteco se traslapan factores de clima y de suelo propicios para que el insecto desarrolle su mayor potencial biótico (11).

El muestreo de frutos debe considerar previamente, la época en que se realiza dicho muestreo en los cultivos, así como también los tipos de distribución espacial de

la población a efecto de ser lo más preciso posible. La falta del conocimiento del comportamiento de una plaga en un área determinada y de su relación con los factores ecológicos más importantes conlleva a un inadecuado sistema de detección, trayendo como consecuencia un control deficiente y un inadecuado uso de los recursos económicos, físicos, y otros.

Con la finalidad de obtener mayor precisión en la detección de la mosca del Mediterráneo a través del muestreo de frutos en plantaciones comerciales de café, fue necesario determinar el comportamiento espacial de la plaga y obtener información básica sobre las características del muestreo para garantizar un eficiente sistema de detección y uso de los recursos de la institución.

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA

En Guatemala, no se disponen de estudios sobre el patrón de distribución espacial de la población de la mosca del Mediterráneo. El criterio del Programa MOSCAMED para diagnosticar un brote de la mosca del Mediterráneo lo constituye el hecho de encontrar al menos una larva o un adulto silvestre en un kilómetro cuadrado, iniciando inmediatamente una serie de diferentes medidas de control cuyo costo promedio es aproximadamente de Q.15,000.00 por km<sup>2</sup> (14).

Las poblaciones exhiben varios patrones de dispersión en el espacio y tiempo, estas variaciones en los patrones son debidas a las condiciones ambientales aunado al comportamiento social de las poblaciones; es así que el conocimiento de los patrones espaciales son decisivos en el éxito o fracaso de un muestreo (1).

El conocimiento de la distribución de los insectos en un área, es de importancia para el impacto decisivo en estrategias de detección, básicamente en el conocimiento del número de muestras y sitios a ser muestreados. El desconocimiento de la distribución de la mosca del Mediterráneo en el tiempo y espacio limita el control eficaz de la misma, pues consecuentemente a una mala detección de la plaga en el campo vendrá un ineficaz plan de control, que provocará el inadecuado uso de los recursos disponibles.

El estudio tuvo la finalidad de conocer la distribución espacial de la mosca del Mediterráneo, según la disponibilidad de frutos maduros de café (variedades Caturra y Catuai) en dos fincas del Sur-Occidente del País ubicadas en dos estratos altitudinales representativos de la zona. Así mismo se pretendió obtener información básica que pueda incorporarse a las medidas futuras de manejo de la plaga, mejorando o modificando los planes de detección de la mosca del Mediterráneo que se implementen en Guatemala y América Central.

### 3. JUSTIFICACION

En Guatemala la diversidad climática y vegetal ofrece excelentes condiciones para la maduración sucesiva de diversas especies de frutos y hortalizas tropicales; dichas maduraciones escalonadas son beneficiosas para el desarrollo y establecimiento de plagas que tienen la capacidad de parasitar a un número variado de hospederos, tal es el caso de la mosca del Mediterráneo.

El estudio se realizó en fincas de café (Coffea arabica L) debido a que estudios de historiales de preferencialidad de hospederos de la mosca del Mediterráneo realizados en el Sur-Occidente de Guatemala (11), señalan al cultivo del café como el principal hospedero, y por ello es considerado capaz de mantener grandes poblaciones de mosca del Mediterráneo. A la vez el café juega un papel trascendental en la dispersión de la plaga. Así también, la ubicación de las dos fincas dentro de la franja cafetalera Sur-Occidental del país obedeció a la representatividad de las áreas de detección de la plaga y a las condiciones ecológicas dentro de las cuales ésta se desarrolla.

La no existencia de estudios en Guatemala sobre el comportamiento distribucional de la mosca del Mediterráneo con validación mediante el uso de índices y modelos estadísticos, fue la razón fundamental de esta investigación. Con la misma se pretende generar información básica sobre la plaga y consecuentemente contribuir a la planeación de estrategias de detección fundadas en conocimientos con base científica.

La detección eficaz de la plaga en el espacio y época mediante el muestreo de frutos de café permitirá el control efectivo de la mosca del Mediterráneo en la franja cafetalera y la optimización de los recursos.

## 4. MARCO TEORICO.

### 4.1. MARCO CONCEPTUAL.

#### 4.1.1. Patrones de dispersión

Los distintos arreglos espaciales que pueden presentar las poblaciones de insectos están influenciados por factores edáficos, por gradientes de temperatura, y por el comportamiento social, entre otros. Las poblaciones de artrópodos exhiben variados patrones de dispersión en el tiempo y el espacio. Por ejemplo, algunas pueden estar agregadas, mientras que otros en forma más o menos equidistante unos de otros (1). En poblaciones de insectos existen dos tipos de movimientos: Movimientos no dispersivos, que están asociados a comportamiento de cortejo, oviposición, etc. de los individuos de la población; y movimientos dispersivos que provocan el desplazamiento o migración masiva de las poblaciones a nichos ecológicos favorables (2).

En el muestreo de una población insectil para ser lo más preciso posible, debe considerarse en su estrategia de acción conocimientos referentes a: los tipos de distribución de las poblaciones (figura 1), de los métodos de muestreo y de los factores que pueden influenciarlo. En la naturaleza básicamente se manifiestan tres patrones de distribución en las poblaciones de los insectos, siendo estos la distribución al azar, regular o uniforme, y agregada (12).

#### A. Distribución al azar:

Es el tipo de arreglo más simple; los supuestos ecológicos necesarios para aceptar que los insectos se hallan distribuidos de esta forma son los siguientes :

"Todos los puntos en el espacio tienen la misma probabilidad de ser ocupados por un individuo".

"La presencia de un individuo en un punto cualquiera no afecta la ubicación de otro". Generalmente, este tipo de distribución raramente ocurre en la naturaleza, porque supone que todo el espacio reúne condiciones para ser habitado, y que los individuos de una población no interactúan o son indiferentes a la presencia de otro (Figura 1).

### **B. Distribución regular o uniforme :**

Esta distribución está condicionada a que se cumpla sólo el primer supuesto ecológico de la distribución al azar, pero no el segundo. Aunque todo el espacio sea habitable, los individuos interactúan compitiendo por un recurso del ambiente (espacio o alimento), que obliga a que cada individuo ocupe un territorio más o menos constante. Según los ecólogos ésta situación casi no ocurre en la naturaleza, pero en la agricultura puede ocurrir en agroecosistemas de monocultivo en donde hay un ordenamiento en distanciamiento de siembra (Figura 1).

### **C. Distribución agregada o contagiosa :**

En este tipo de distribución no se cumple ninguno de los supuestos de la distribución al azar. El que no se cumpla el primer supuesto, significa que unos puntos en el espacio, poseerán condiciones óptimas, medias regulares o nulas de habitabilidad, de ahí la diferencia de acumulación de individuos. Al no cumplirse el segundo supuesto, significa que los individuos presentes en el área interactúan por lo que ocurre el fenómeno de agregación, con fines de reproducción, de alimentación, de invernación, de estivación, de oviposición y hábitos sociales. Este tipo de distribución es el más frecuente en agroecosistemas naturales y agrícolas, especialmente en áreas donde hay gran variabilidad en los tipos de plantas en diferentes estados de desarrollo (Figura 1).

Las fuerzas que producen el aislamiento o la dispersión de los individuos en una población no están tan extendidas como las que favorecen la agregación, pero son importantes en la regulación de la población. Dos factores básicos que condicionan el aislamiento son: El antagonismo directo y la competencia entre individuos por escasez de recurso (8).

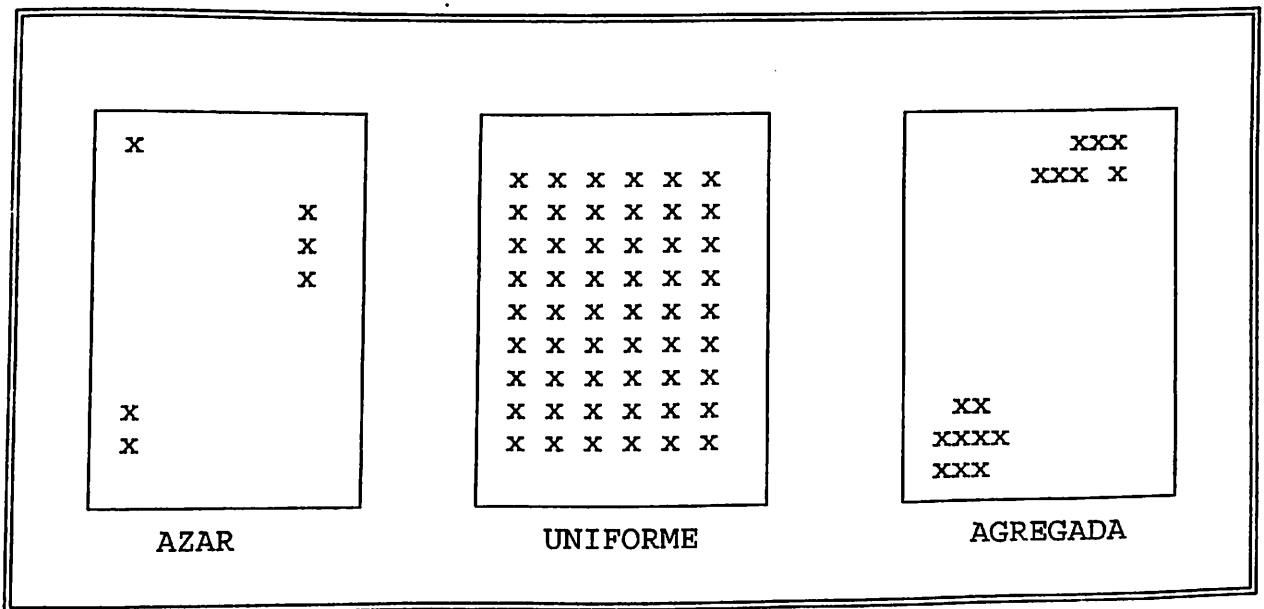


Figura 1. TIPOS DE DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS POBLACIONES INSECTILES

#### 4.1.2. El Muestreo

La forma más directa de calcular el número de organismos que viven en un área es contarlos, pero son pocos los invertebrados cuyo conteo total es factible. En la realidad es posible sólo el recuento de una pequeña porción de la población y usar esta muestra para estimar el total.

El uso de cuadrantes es uno de los métodos más generales de muestreo, el uso de éstos ha sido generalizado en la ecología vegetal y es el más común para el muestreo de plantas. Se han utilizado los cuadrantes para muestrear poblaciones de plantas y de muchos invertebrados, lográndose estimaciones de la densidad poblacional y de su variabilidad en el área.

La implementación de un método de muestreo debe estar relacionado con

la disposición en el espacio de los individuos, básicamente existen cinco tipos de muestreo (al azar simple, sistemático, al azar estratificado, selectivo, secuencial) (9). Así también, deben considerarse aspectos importantes como el tamaño de la unidad de muestreo, la cual debe ser hecha con un grado de arbitrariedad por el evaluador, pues depende de la distribución espacial, de la densidad de la población, de la naturaleza del hospedero y de los hábitos del insecto, etc. El mecanismo de muestreo también está sujeto a errores cuya magnitud determina la precisión de la evaluación (9).

El muestreo de frutos es una de las formas más usadas para la detección de larvas de C. capitata; éste consiste en coleccionar frutas de diversos lugares, escogiendo aquellas maduras que se encuentren en los lados soleados de la planta. En el caso del café, los frutos infestados se pueden distinguir pues la fermentación de azúcares y consumo de la pulpa por larvas hacen que el color del fruto sea un rojo más oscuro y su consistencia "bofa".

Existen tres factores principales que afectan el muestreo :

**A. La disposición espacial :**

Un mismo método de muestreo puede dar resultados muy distintos, debido a que la población tenga una distribución espacial al azar, uniforme o agregada.

**B. La distribución temporal :**

Los insectos tienen su propio ritmo de actividad que puede afectar los resultados de un muestreo y que muchas veces determina la adopción de muestreos sistemáticos.

**C. Efectos metodológicos, instrumentales y personales :**

Una vez que se adopta una metodología de muestreo, ésta estará sujeta a ciertos márgenes de error que afectan su eficiencia, por lo que es recomendable evaluar comparativamente distintas metodologías para lograr mejores estimados. Entre éstos efectos más comunes podemos mencionar : La variabilidad del observador, y la variabilidad de las técnicas de captura.

#### 4.1.3. Modelos estadísticos.

Para tener una mejor percepción de la dispersión de las poblaciones de la plaga en el campo, debe recurrirse al uso de procedimientos estadísticos sencillos como el análisis de media y varianza. El índice de MORISITA y BARFIELD son índices ampliamente usados en estudios de dispersión de poblaciones de insectos (19). Una apreciación más seria de si el patrón de distribución es al azar, uniforme, o agregado, puede ser obtenida a través de modelos matemáticos que se apeguen a la distribución real de los insectos en las unidades de muestreo. La distribución de POISSON y la BINOMIAL NEGATIVA son dos modelos utilizados en estudios de distribución de organismos, y son modelos básicos para variables aleatorias discretas.

La distribución de POISSON considera algunas suposiciones útiles para explicar su adecuación a observaciones de campo, éstas suposiciones constituyen el modelo estadístico para dicha función, (8, 16) tales supuestos son:

"Cada espacio unitario del hábitat es contínuo con igual probabilidad de estar ocupado por el insecto (esta consideración supone que el insecto se mueve independientemente) ".

"Que el insecto no es muy abundante".

El modelo de la BINOMIAL NEGATIVA pertenece a las distribuciones de contagio, y se basa en que los seres vivos tienden en general a asociarse con los mismos de su especie de forma que la presencia de un insecto en un área aumenta la probabilidad de encontrar a otro vecino. Este modelo se ha adaptado a una gran diversidad de fenómenos biológicos.

## 4.2. MARCO REFERENCIAL.

### 4.2.1. Origen e importancia de la mosca del Mediterráneo.

La mosca del Mediterráneo (Ceratitis capitata, Wied) es originaria del continente africano, y se determinó su presencia por vez primera en territorio guatemalteco en el año 1975 (14).

Las implicaciones biológicas, económicas, y políticas ocasionadas por los problemas de plagas son aún mayores cuando se trata de moscas de las frutas. Del género Ceratitis se conocen aproximadamente 20 especies, pero de importancia económica únicamente se considera a Ceratitis capitata, (Wied), considerada una de las plagas más perjudiciales en el mundo. Los países invadidos por éste insecto reportan cuantiosas pérdidas, no sólo por la enorme cantidad de fruta desechada por infestación, sino también por la pérdida de mercados internacionales. El alto costo de los programas de control y erradicación ejecutados por países invadidos denota la importancia económica de ésta plaga (6, 17).

### 4.2.2. Morfología de la mosca del Mediterráneo .

Los adultos de la mosca del Mediterráneo son de color café con marcas marfil amarillo y con color negro brillante en la parte dorsal del tórax frente pubescente, con dos pares de cerdas fronto orbitales superiores; en los machos el par anterior es alargado y capitado en forma de rombo. Cerdas ocelares bien desarrolladas, y cara sin carina. Antena más corta que la cara, con el tercer segmento redondeado, dotado de una arista pubescente. Escutellum negro con una banda ondulada cerca de la base, de color marfil. Alas transparentes y moderadamente anchas con bandas café transversales y oblicuas, así como manchas oscuras irregulares en la base; las alas permanecen extendidas al caminar. Sexualmente las hembras se diferencian de los machos en poseer una cubierta del ovipositor sin cerdas en la parte apical y los machos cláspes anchos (2, 17).

### 4.2.3. Biología y hábitos

La mosca del Mediterráneo pertenece a los insectos multivoltinos, por tener varias generaciones al año. Según las condiciones ecológicas, la mosca en estado adulto puede vivir varios meses. Normalmente su longevidad es de unos meses, pero puede alcanzar hasta 10 meses en áreas templadas y frías o menor de 60 días en climas cálidos. Las hembras alcanzan su madurez sexual entre los 4 y los 5 días después de haber emergido del pupario, iniciando la oviposición entre los 7 y 9 días después de la emergencia, a temperaturas que oscilan entre los 24 y 27 grados centígrados. Los machos bajo las mismas condiciones maduran sexualmente a los 3 ó 4 días de emergidos (6).

La hembra requiere de una sola cópula en su vida para la fertilidad de sus huevos, pero si copula por segunda vez, las espermatecas son insuficientes para recibir una cantidad mayor de esperma. Se ha observado en investigaciones hechas en Costa Rica que generalmente oviposita de 4 a 10 huevos por oviposición en las cerezas de café. Generalmente la hembra descarga hasta 20 huevos al día; durante toda su vida el promedio es de 300, pero bajo condiciones óptimas puede ovipositar hasta 800 aunque no todos logran el estado adulto en condiciones desfavorables (ausencia de hospederos y condiciones climáticas adversas), suele pasar mucho tiempo sin ovipositar.

El período de incubación del huevo es de 2 a 7 días bajo condiciones de temperatura de verano, aunque puede prolongarse hasta 20 a 30 días en el invierno.

Al efectuarse la eclosión del huevo, la larva penetra hacia el interior de la fruta, perforando en todas direcciones; su desarrollo se completa en 6 a 11 días (con una temperatura de 14 a 26 grados centígrados). La velocidad de crecimiento de la larva es influenciada por el hospedero. Se han hecho observaciones del comportamiento de la larva cuando el fruto que parasita cae

al suelo, determinándose que la misma madura en un tiempo menor del normal, pues la pulpa se reblandece y el jugo es absorbido a través del integumento del cuerpo. Los estadios larvarios son tres, con lapsos de 26 a 48 horas , de 2 a 4 días y de 5 o más, si la temperatura es baja (14 a 16.7 grados centígrados) (6).

#### 4.2.4. Ecología

Las condiciones o cambios del tiempo meteorológico afectan la biología y fenología tanto de la mosca del Mediterráneo como de sus hospederos. Entre los principales factores meteorológicos que los afectan están la temperatura, precipitación, humedad y la luz. Los factores meteorológicos mencionados influyen directa o indirectamente en la velocidad de desarrollo, fecundidad, longevidad y comportamiento de la C. capitata.

La biología y ecología de la mosca del Mediterráneo, como todo organismo, depende de las condiciones ecológicas del ambiente y está sujeta a presiones físicas y biológicas de donde vive; por lo tanto, podemos decir que los factores ecológicos aunados a los caracteres genéticos determinan su abundancia en un área determinada.

El clima y los hospederos son los factores más influyentes sobre el desarrollo de C. capitata. Los hospederos cuyos frutos maduran en forma escalonada durante todo o gran parte del año; o una sola variedad de hospedero con frutos que presentan un largo período para su maduración y las sustancias alimenticias indispensables para la fertilidad y desarrollo de los huevos, son muy favorables para el desarrollo de las plagas de las frutas.

Las condiciones ambientales óptimas para C. capitata son altas temperaturas, elevada humedad relativa, inviernos templados y veranos húmedos y calurosos (6, 17, 3).

La temperatura, es un factor climático que ejerce una mayor influencia sobre los insectos en su desarrollo y otros procesos; pues éstos son poiquiloterms, por lo tanto, la temperatura del cuerpo interactúa con la temperatura del ambiente. La temperatura puede ser usada en relación con el factor tiempo para predecir diferentes eventos en el ciclo de vida de los insectos. Los grados día son unidades térmicas, que combinan la temperatura y el tiempo para predecir eventos en el ciclo del insecto. Los grados día para la mosca del Mediterráneo es, para la eclosión del huevo de 27.5, para el desarrollo de la larva de 89.9 y para la emergencia del adulto se requieren 116.5 grados-día, en total se requieren 233.9 grados-día para el 50% de emergencia del adulto, el cuál se considera alto comparativamente a otros tefrítidos (6, 20). La recopilación y análisis de la información relacionada con las condiciones ecológicas que influyen sobre el incremento de la población de esta plaga, es importante aprovecharla para determinar qué áreas le son más favorables o desfavorables para poder detectar poblaciones y ejercer medidas de control en forma eficaz (6).

#### **4.2.5. El fruto de café hospedero principal**

Un hospedero natural, es una planta en la que una hembra de mosca del Mediterráneo deposita sus huevos en sus frutos, y de ellos emergen larvas que son capaces de completar su desarrollo y llegar al estado adulto (2).

En el cultivo del café la mosca del Mediterráneo casi siempre encuentra cerezas maduras disponibles en las área durante todo el año. El fruto de café es ovipositado cuando está maduro. La larva consume la pulpa del fruto de café observándose el caso de la época seca un corrugamiento de la cáscara y en invierno, una pudrición de la misma. En ambos casos ocasiona la caída del fruto y consecuentemente pérdidas por calidad, peso y desarrollo de enfermedades. Según estudios realizados relacionados con el impacto económico de la mosca del Mediterráneo sobre el cultivo del café, se determinó una baja del 5% y 1% sobre el monto total de la cosecha en Costa Rica y

Nicaragua, respectivamente. El daño económico del café se refleja principalmente en un precio menor porque baja su calidad, además de una merma en su peso. La infestación de otros hospederos dependerá del hospedero principal (el café). De acuerdo a la maduración del café, puede representar una infestación alta o baja para los demás hospederos, porque si el desarrollo del fruto del café es temprano, el aumento de la población de C. capitata resulta muy elevado y por consiguiente, existen más probabilidades de infestación para el resto de hospederos de la región (6).

Debido a la preferencia hacia el cultivo del café por parte de C. capitata, éste juega un papel muy importante en la dispersión de la plaga en un área determinada. En la región sur-occidental de Guatemala, el período fluctuacional de la C. capitata inicia en octubre de un año y finaliza en septiembre del año siguiente, y es en los meses de octubre hacia mediados de enero cuando se establece, luego continua creciendo hasta mediados de abril y a partir de ésta fecha hasta finales de septiembre se da un equilibrio poblacional, seguido por un abatimiento de la plaga debido a acciones de control del Programa MOSCAMED y a condiciones naturales adversas a éste insecto (11).

#### 4.2.6. Area de acción del Programa MOSCAMED

El Programa MOSCAMED ha dividido su área de acción de acuerdo a los objetivos del mismo y al grado de control esperado (figura 2):

##### A. Area libre "A":

Es una área ubicada a lo largo de la parte norte de Guatemala fronteriza con México y Belice. Se considera libre de la plaga, y comprende una extensión de 62,000 Km<sup>2</sup>. (equivalente al 57.4% del territorio guatemalteco).

**B. Area de control "B":**

Es una faja de protección para el área libre "A" que comprende una extensión de 10,000 Km<sup>2</sup>. (equivalente al 9.3% del territorio nacional) .En esta área se erradicó la plaga en un tiempo, pero por la cercanía de zonas altamente infestadas y por la carencia de recursos económicos necesarios para aplicar las medidas de control correspondientes, constituye un área susceptible a reinfestaciones contínuas.

**C. Area Infestada "C":**

Se encuentra adyacente al área de Control "B", y se caracteriza por la continuidad de la faja cafetalera hacia el interior de la república de Guatemala, y por la existencia de zonas productoras de pera y mango, cuya producción se comercializa principalmente hacia las áreas libres constituyéndose en focos de dispersión de la plaga. Comprende una extensión territorial de 36,000 Km<sup>2</sup>

**4.2.7. Areas de Evaluación :**

La zona cafetalera del suroccidente de Guatemala constituye el sustrato principal con características apropiadas para el establecimiento de la mosca del Mediterráneo en el área "C" y su dispersión al área "B". Se estima que de un 100% de muestras con larvas que ingresan al laboratorio durante el año, un 92% corresponden a muestras de café (14).

Las características que se presentan en la franja cafetalera del suroccidente del país ofrece un medio muy favorable para el desarrollo de la mosca del Mediterráneo, en este ecosistema encuentra condiciones de temperatura, humedad, suelo y densidad de hospederos excelentes para su sobrevivencia y crecimiento poblacional.

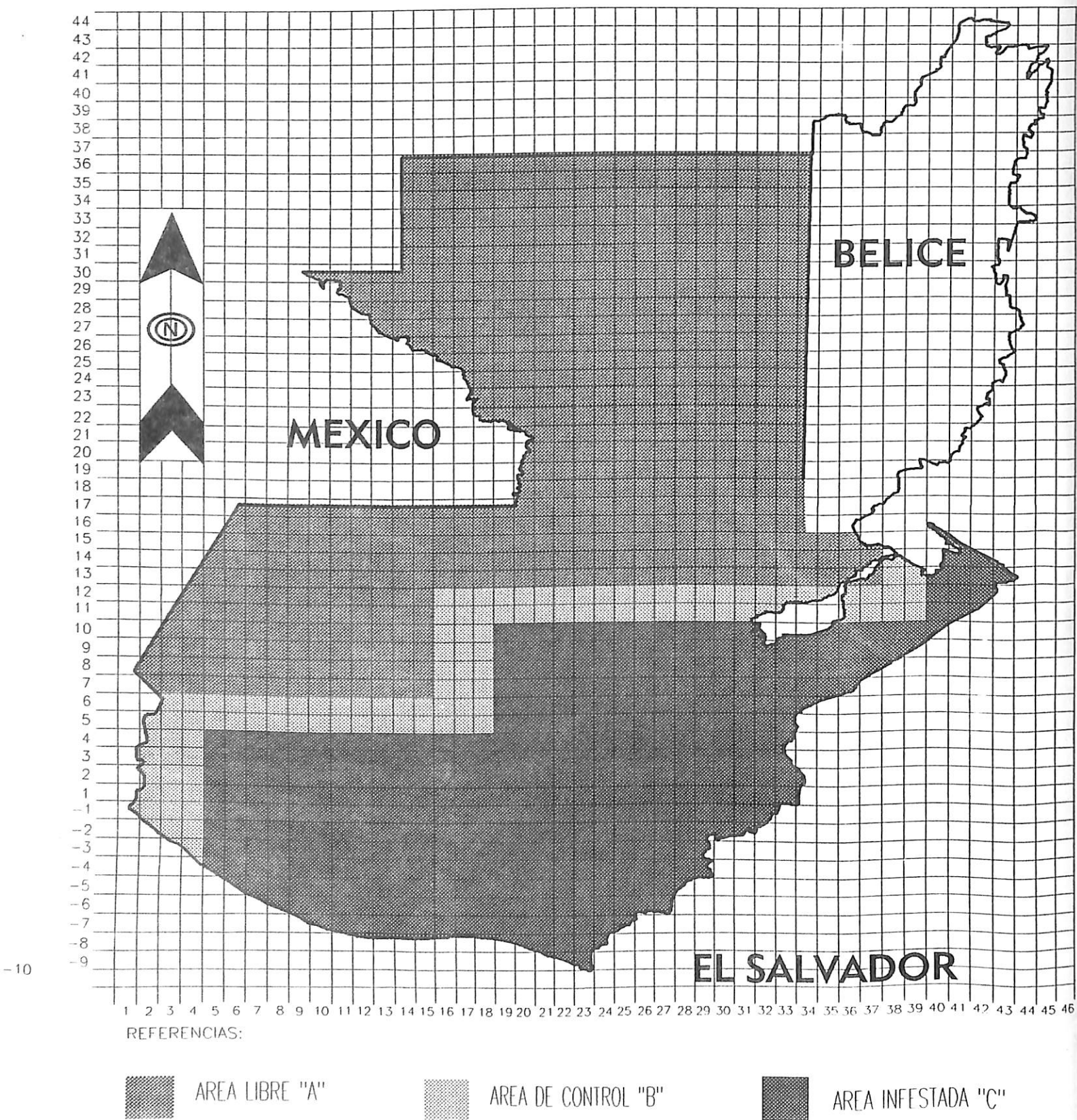


FIGURA 2. DISTRIBUCION DE AREAS DE TRABAJO DEL PROGRAMA MOSCAMED

La adaptación de C. capitata es mayor en zonas semicálidas con temperaturas medias anuales de 20 °C, y con una ligera tendencia a lugares un poco más cálidos y de menor tendencia en lugares fríos (6). La franja cafetalera del sur-occidente de Guatemala se encuentra en una zona semicálida en donde se presentan altas infestaciones de la plaga. En cuanto a precipitación pluvial en zonas de mayor infestación, se encuentran comprendida en zonas húmedas con precipitaciones de 3,000 mm anuales a la muy húmeda con precipitaciones anuales de 4,000 mm y es en ésta faja delimitada por las isoyetas de 3,000 mm donde se han registrado las mayores producciones de café por unidad de área, por lo tanto, C. capitata puede sobrevivir al encontrar precipitaciones favorables.

#### A. Finca Mujuliá

Es una finca de café ubicada en el municipio de Colomba del departamento de Quezaltenango. Posee suelos muy drenados, aptos para el cultivo del café, desarrollado sobre ceniza volcánica; los suelos son del tipo arenoso franco, y pertenecen a la serie Chuva (18).

Según Thornhwait, la finca se encuentra en una zona semicálida, sin estación fría bien definida, muy húmeda, sin estación seca bien definida, es decir, se encuentra en la zona Bosque muy húmedo subtropical cálido. La finca se localiza en la cuenca del Ocosito, vertiente del océano pacífico (4).

La finca Mujuliá tiene una extensión de 8.5 caballerías, el 50 % está ocupada por cultivo de café de la variedad Elite-14 y el 50 % restante por la variedad Caturra.

La maduración de café en el área ocurre durante el año, encontrándose grano maduro en cualquier mes, pero la máxima maduración se presenta durante los meses de noviembre y diciembre.

El relieve es suavemente inclinado. La topografía de la finca

describe pendientes del 6 % en el 85% del área y pendientes de 17% en el área restante.

La sombra del cafetal está constituido por plantas del género Inga con distanciamiento de siembra de 8.5m x 8.5m.

## **B. Finca Las Delicias**

Es una finca de café ubicada en el municipio de Colimba del departamento de Quetzaltenango. Posee suelos de la serie Chocolá, bien drenados, con una profundidad superficial de 40 cm., de textura franca limosa a franca arcillosa, friable y de color café oscuro. La finca se localiza dentro de la cuenca del Ocosito en la vertiente del océano pacífico (18).

Según Thornhwait, se tiene en el área un clima cálido, sin estación fría bien definida, muy húmedo y también sin estación seca bien definida (4, 18).

La finca tiene una extensión de 6 caballerías de las cuales 92% está cultivados con café. El 50 % del área está ocupada con la variedad Catuaí, y 50 % con la variedad Caturra. La maduración del fruto del café ocurre durante todo el año, siendo el pico máximo de maduración en el mes de noviembre.

La topografía de la finca es plana en un 90% y quebrada en un 10 % . La especie y densidad de la planta de sombra del cafetal es similar a la de la finca Mujuliá.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. GENERAL:

Determinar el patrón de distribución espacial de la mosca del Mediterráneo, según la disponibilidad de frutos maduros de café, en dos fincas del suroccidente del país ubicadas en dos estratos altitudinales representativas de la zona.

### 5.2. ESPECIFICOS

- 1.- Determinar el patrón de distribución espacial de larvas de la mosca del Mediterráneo en el cultivo del café.
- 2.- Determinar el número de muestras de fruta a recolectar basado en la distribución espacial encontrada.

## 6. HIPOTESIS

El patrón de distribución espacial de la mosca del Mediterráneo en el cultivo del café, bajo condiciones naturales, es uniforme en ambos estratos altitudinales y a diferente cantidad de fruto de café maduro presente en el lugar.

## 7. MATERIALES Y METODOS

### 7.1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO:

El estudio se llevó a cabo en la franja cafetalera sur-occidental, área "C" del Programa MOSCAMED, donde no se ejecutan acciones de control de la mosca del Mediterráneo, caracterizándose la misma por un área infestada. Se involucró a las fincas MUJULIA y LAS DELICIAS, ubicadas en el municipio de Coloma del departamento de Quezaltenango.

La precipitación media anual en el área es de 3,000 a 3,500 mm, la temperatura es de 20-25°C, y la humedad relativa varía de 75 % - 80 %, con una evapotranspiración de 1000 a 1800 mm.

La finca Las Delicias, se encuentra en la latitud 14°01'46" norte y longitud 89°35'03" oeste, con una altitud promedio de 700 msnm.

La finca Mujuliá, se encuentra en la latitud 14°44' 28" norte y longitud 91°40'47" oeste, con una altitud promedio de 1440 msnm (Figura 3).

### 7.2. DESCRIPCION DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

Con el fin de evaluar áreas representativas de las zonas de trabajo del Programa Moscamed la investigación se realizó en dos estratos altitudinales (Finca MUJULIA y las DELICIAS); y durante dos épocas diferentes, con el propósito de obtener información de la plaga bajo distintas condiciones climáticas, y de abundancia de hospedero (fruto de café maduro). Dentro de éste trabajo llamamos a la primera época "época de baja abundancia de hospedero", y a la segunda época "época de alta abundancia de hospedero", ya que fue este el factor (abundancia) que marcadamente caracterizó y diferenció a ambas épocas.

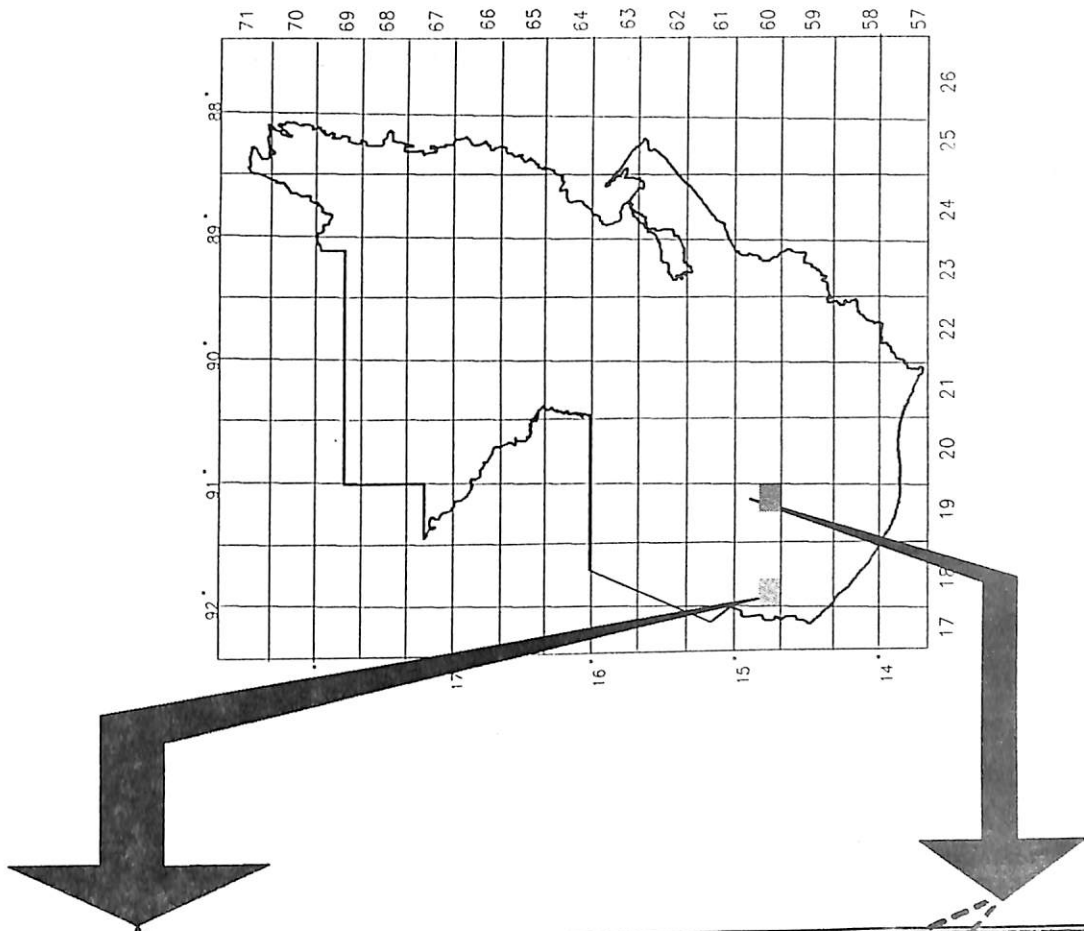
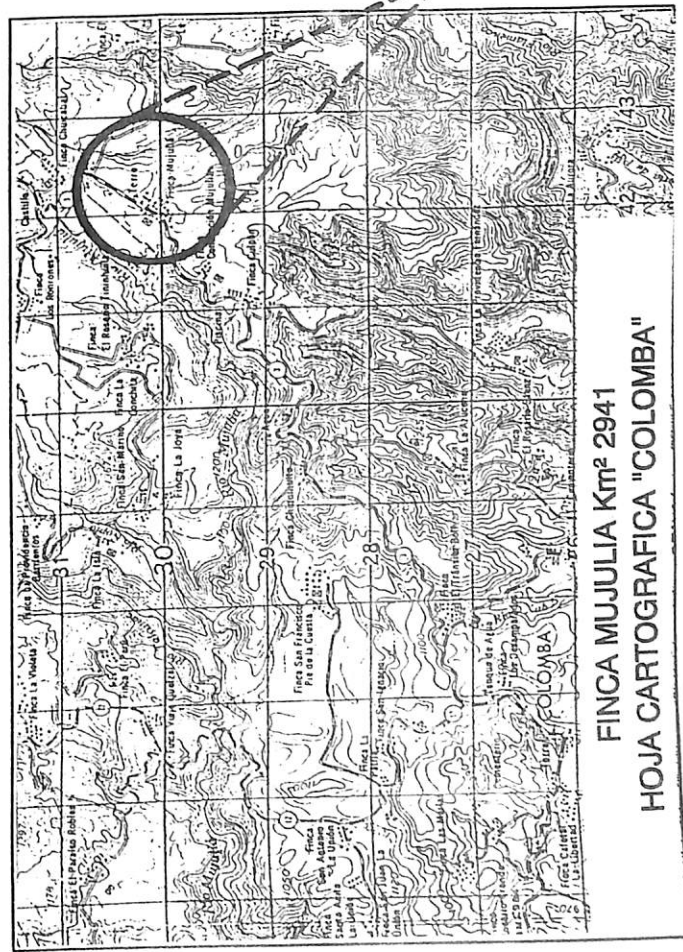
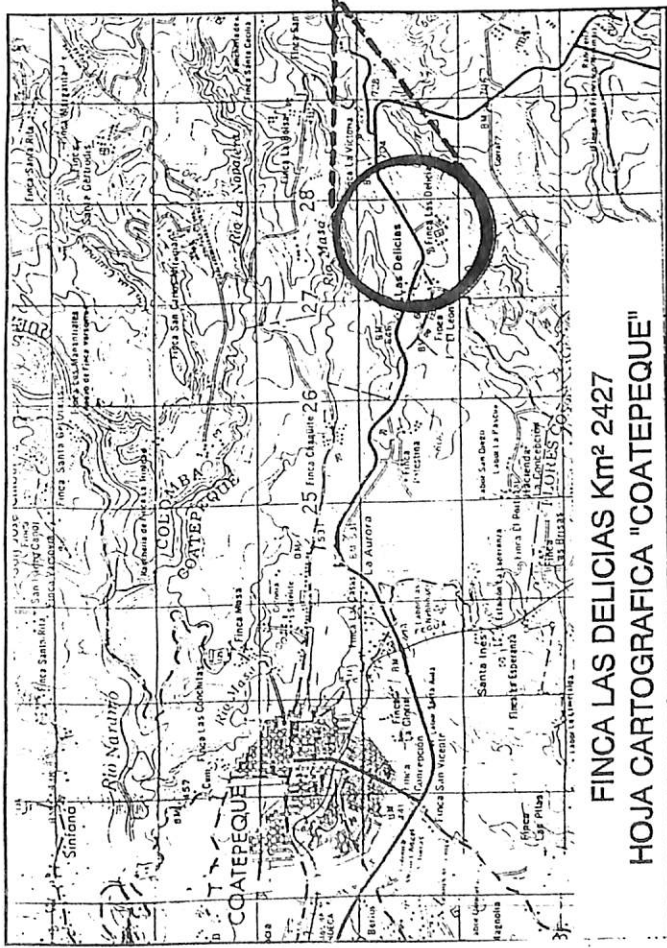


FIGURA 3: UBICACION DE LAS FINCAS SUJETAS A ESTUDIO

Las áreas de muestreo correspondieron a parcelas de 1 ha. y de 1 Km<sup>2</sup>.

El estudio en cada una de las épocas y en cada estrato altitudinal comprende las fases siguientes:

Fase I o PREMUESTREO, Fase II o muestreo de áreas de 1 ha. y la Fase III o muestreo de áreas 1 KM<sup>2</sup>.

En cada una de las fases antes mencionadas el trabajo incluyó tres actividades básicas:

**A. Actividad de Campo:**

Cuadrícula del área de estudio:

Para cuadricular las parcelas en el campo se hizo uso de rafia, cinta métrica, y nylon para identificar las esquinas de las subparcelas.

Recolección de las muestras:

Se utilizó la técnica de muestreo de frutos de café para la detección de las larvas de la mosca del mediterráneo.

Registro de datos climáticos:

Consistió en la medición de temperatura.

**B. Actividad de Laboratorio:**

Comprendió la disección de muestras de frutos de café, búsqueda y conteo de larvas de la C. Capitata. El procedimiento se realizó en el laboratorio del Programa MOSCAMED ubicado en Coatepeque.

Cada muestra permaneció en el laboratorio por 14 días. Durante dicho período se hicieron observaciones de cada muestra, las cuales consistieron en la disección y búsqueda de larvas de la mosca del Mediterráneo, utilizando estereoscopio y claves entomológicas (17), luego se contó el número de larvas y se determinó la frecuencia de aparición en cada muestra.

C. Análisis de datos:

La información obtenida se ordenó en número de larvas, lugar de procedencia, frecuencia de aparición, datos climáticos y relieve del área, para luego someter a los análisis respectivos (Cuadro 1).

CUADRO 1 : Frecuencia de larvas de Ceratitis capitata en las unidades de muestreo para el estrato superior (1440 msnm.) ó inferior (700 msnm.).

Número de larvas <u>C. capitata</u> (x)	frecuencias		Observaciones.
	frec. (f)	(f * x) (x <sup>2</sup> * f)	

Con los datos resumidos, se obtuvo la media y la varianza, utilizando las fórmulas siguientes:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} * (X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2 - \frac{(X_1 + X_2 + \dots + X_n)^2}{n}) \quad \text{FORMULA 1}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \text{FORMULA 2}$$

donde:

S<sup>2</sup> = varianza

$\bar{X}$  = media

### **7.3. FASES DEL TRABAJO:**

Las fases que a continuación se describen fueron desarrolladas para ambas épocas del estudio (época de alta y baja abundancia de hospedero) y para cada finca en donde se ejecutó el trabajo.

#### **7.3.1. FASE I O FASE DE PREMUESTREO**

Para el muestreo de áreas de 1 ha y consecuentemente de 1 Km<sup>2</sup> fue necesario determinar, con fundamento sobre el mayor grado de precisión del muestreo, el número de sitios (o áreas) a muestrear en cada ha del Km<sup>2</sup> y a la vez cuántas plantas muestrear en cada sitio (ya que en cada sitio habian entre 35 a 40 plantas), por lo que surgen, en el presente trabajo, dos objetivos claramente definidos por los que se realizó un premuestreo.

El objetivo 1:

Determinar en áreas de 100 m<sup>2</sup> el número "X" de plantas de café necesarias de las cuales se habrían de tomar muestras de frutos de café maduro. Dicho dato fue útil para las fases subsiguientes.

El objetivo 2:

Determinar el número de sitios a muestrear en una área de 1 ha.

**La metodología:**

Consistió en seleccionar hectáreas las cuales se cuadrícularon en 100 sub-parcelas de 10m X 10m, de las 100 subparcelas se seleccionaron 10 al azar y en cada una de éstas se realizaron varios muestreos. Por ser el objetivo determinar qué número de plantas se muestrearían en un área de 100 m<sup>2</sup>, fue necesario que se iniciara ensayando con varios números de plantas (en orden ascendente), hasta llegar a un número que nos indicara un error permitido de muestreo. En todas las subparcelas se inició probando el muestreo con un número mínimo de 3 plantas.

**Análisis:**

Los datos obtenidos (cantidades de larvas) por muestra, en cada una de los 10 subparcelas tomadas de la hectárea, fueron obtenidas en "X" número de plantas previamente determinado.

En el laboratorio de disección se obtuvo el número de larvas por muestra (proveniente de cada planta), con esta información se hizo un análisis individual de cada una de las 10 sub-parcelas, dicho análisis permitió determinar la precisión del muestreo de C. capitata y de esta manera con fundamento analítico encontrar el **número de plantas necesario** a muestrear.

El análisis de la información del premuestreo se basó en la utilización de la metodología estadística propuesta por Pedigo (13), la cual consiste en lo siguiente:

Inicialmente se calculó un Índice de Variación Relativa "Rv"<sup>1</sup>, índice que nos indica el error cometido al realizar un muestreo, y cuya fórmula de muestreo es la siguiente:

$$Rv = \frac{S_x}{\bar{x}} * 100$$

FORMULA 3

donde :

$S_x$  = error estándar de la media

$\bar{x}$  = media

$$s_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

FORMULA 4

S = Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n}}{n-1}}$$

FORMULA 5

$$\bar{x} = \frac{\sum x_1}{n}$$

FORMULA 6

Para interpretación del índice de Variación Relativa "Rv" se tomó el criterio siguiente:

Se aceptó todo aquel índice de Variación Relativa "Rv" resultante cuyo valor no fuera mayor de 25 (este valor es un parámetro que se ha usado en estudios de muestreos poblacionales en insectos). Esto significa que si el Índice de Variación Relativa "Rv" da menor o igual a 25 entonces el número de plantas tomadas es aceptable. Si fuere el índice de Variación Relativa "Rv" mayor que 25 entonces el número de plantas tomadas es inaceptable y por lo tanto, hay que calcular un número mayor ("N") de plantas.

Para calcular el número de plantas "N" a muestrear se utilizó la fórmula siguiente:

$$N = \left( \frac{ts}{Dx} \right)^2$$

donde:

t = Valor de "t" student al 0.05 para el número de muestras realizadas para calcular la media de muestreo preliminar.

S = Desviación estándar del muestreo preliminar.

D = Error permitido con fines de estudio poblacional el índice de Variación Relativa "Rv" < 25, expresado como decimal.

X = Media del muestreo preliminar.

El análisis anterior fué útil para llegar a determinar un índice de Variación Relativa "Rv" para cada una de las 10 subparcelas muestreadas de la hectárea, y por tanto, el mismo procedimiento se aplicó para las nueve restantes. Luego se obtuvo un promedio de los 10 el índice de Variación Relativa "Rv" obtenidos, lográndose finalmente determinar si el índice de Variación Relativa "Rv" promedio se encontraba dentro del rango antes indicado (menor de 25).

Para la determinación del número de sitios a muestrear en 1 ha, se procedió de igual forma. Se cuadrículó una hectárea en 100 subparcelas, de las cuales se tomaron inicialmente tres, en cada una se tomó una muestra de grano de café maduro proveniente del número de plantas aconsejado para el muestreo dentro de esa área de 10m x 10m determinado anteriormente mediante el índice de Variación Relativa "Rv".

El análisis de la información es el mismo que el utilizado para la determinación del número de plantas por parcela, descrito anteriormente.

### **7.3.2. FASE II:**

#### **7.3.2.1. Objetivo:**

Determinar el patrón de distribución de la mosca del Mediterráneo en época de alta como de baja abundancia de frutos de café maduro en ambas fincas (Mujuliá y Las Delicias).

#### **7.3.2.2. Metodología:**

Se tomaron áreas de 1 ha las cuales se cuadrícularon, de la misma forma que el área de premuestreo (fase anterior). La diferencia en esta fase es debido a que no se tomaron sólo 10 cuadros de los 100, sino que se muestrearon todos. En cada cuadro se realizó un muestreo al Azar Simple<sup>(2)</sup> de las "N" plantas determinadas en la fase I o de Premuestreo.

La información obtenida fue el número de larvas por cada cuadro, frecuencia de aparición de dicho número de larvas en toda el área de estudio.

---

<sup>2</sup> El muestreo al Azar Simple, consiste en tomar una muestra de tamaño "n" de una población "N", en tal forma que cada unidad de muestreo tiene una oportunidad igual de ser muestreada.

### 7.3.2.3. Análisis:

El análisis es igual a la fase III, el cual se describirá a continuación:

## 7.3.3. FASE III :

### 7.3.3.1. Objetivo:

Determinar el patrón de distribución de C. capitata en áreas de 1 Km<sup>2</sup>, en baja y alta abundancia de fruto de café maduro, en estratos altitudinales (fincas Mujuliá y Las Delicias).

### 7.3.3.2. Metodología:

Se dividió el Km<sup>2</sup> en 100 parcelas de 1 ha cada una, de cada parcela se muestreó un número de sitios previamente determinadas en el premuestreo (fase I), de cada sitio se tomó una muestra proveniente del número "X" de plantas recomendadas también en el premuestreo.

### 7.3.3.3. Análisis:

Los datos obtenidos (número de larvas por muestra) de las 100 sub-parcelas o unidades de muestreo, se ordenaron en tablas de frecuencia (cuadros presentados en la sección de resultados); se calculó la media y la varianza, parámetros que fueron útiles para los procedimientos estadísticos que se presentan a continuación:

1. Índice de MORISITA
2. Proporción de media a varianza de BARFIELD
3. Prueba de dos modelos estadísticos
  - 3.1 POISSON
  - 3.2 BINOMIAL NEGATIVA

#### 1) INDICE DE MORISITA ( $I_{\delta}$ ):

Indica qué dispersión tiene la mosca del Mediterráneo en un área dada, y se determina usando la fórmula que se detalla a continuación (19).

$$I_{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i(n_i-1)}{n(n-1)} * N$$

FORMULA 8

donde :

$I_s$  = Índice de Morisita

$n_i$  = número de individuos en esta muestra.

$n$  = número total de individuos en todas las muestras.

El criterio de análisis es el siguiente:

- a. Si  $I_s = 1$  , los insectos estan distribuídos aleatoriamente.
- b. Si  $I_s > 1$  , los individuos están en forma agregada.
- c. Si  $I_s < 1$  , los individuos están distribuídos uniformemente.

El índice de MORISITA es un índice de agregación que ha sido utilizado ampliamente en estudios de dispersión de poblaciones de insectos. Fue usado para la determinación de la dispersión de las moscas D.dorsalis y D.Cucurbitae en áreas agrícolas costeras de Kauai, Hawaii.

## 2. Proporción de media a varianza de BARFIELD:

El análisis en BARFIELD sirve para establecer el tipo de dispersión de la plaga a través del muestreo del insecto objetivo, se analiza la media y la varianza de la muestra; y se toma el criterio siguiente :

- a. Si la proporción de media a varianza es 1, entonces se considerará que la población tiene una dispersión al azar.

- b. Si la proporción de media a varianza es mayor que 1, se considerará que la población tiene una dispersión uniforme.
- c. Y si la proporción de media a varianza es menor que 1, entonces es una dispersión agregada (1).

### 3. MODELOS DE DISTRIBUCION ESPACIAL

En este estudio se probó la distribución de los modelos de **POISSON** y la **BINOMIAL NEGATIVA**, ya que son los dos modelos básicos para variables aleatorias discretas y que en otros experimentos se han ajustado satisfactoriamente a la distribución de organismos.

Se tomaron los datos obtenidos (frecuencia observada de larvas) en cada una de las subparcelas, es decir, los datos de los cien puntos de muestreo de la parcela.

#### 3.1. Distribución de POISSON :

Para la frecuencia ajustada mediante **POISSON** se calculó el número de muestras conteniendo  $x$  larvas (0,1,2,...n) empleando la fórmula siguiente:

$$E_{(x)} = \frac{ne^{-u}u^x}{x!}$$

donde:

- $E_{(x)}$  = número de muestras conteniendo x larvas.  
 n = número total de muestras  
 u = densidad media de la población de larvas  
 x = el número de larvas para el que se calcula la frecuencia.  
 e = 2.7182818

#### Prueba de bondad de ajuste para POISSON :

Se hizo necesario comprobar si la distribución de insectos en el campo seguía realmente dicho patrón y si se ajustaba a las frecuencias teóricas obtenidas mediante la distribución de POISSON (16).

La prueba estadística de ajuste utilizada fue la de ji- cuadrado ( $\chi^2$ ).

$$\chi^2 = \frac{(O-E)^2}{E}$$

donde:

O = dato observado.

E = dato esperado.

Posteriormente se buscó en la tabla para valores críticos de ji-cuadrado, usando  $n-1$  grados de libertad y un nivel de probabilidad de 0.05, se obtuvo un valor tabulado. Si el valor calculado es menor que el tabulado se dice que POISSON se ajusta satisfactoriamente a la distribución de larvas.

### 3.2. Distribución según la Binomial Negativa:

En el ajuste de la Binomial Negativa a datos de campo, se calculó primeramente el número de muestras con cero individuos (larvas), utilizando la siguiente fórmula :

$$E(A_0) = n * \left(\frac{k}{m+k}\right)^k$$

FORMULA 11

donde:

$n =$  el número de muestras del área

$m =$  media de la población

$k =$  es un parámetro de contagio o un índice del grado de agregación.

$$K = \frac{\bar{X}^2}{S^2 - \bar{X}}$$

FORMULA 12

Luego las frecuencias esperadas siguientes para  $x+1 = 1, 2, \dots, n$  por medio de la fórmula siguiente:

$$E_{(A_{x+1})} = \frac{K+X}{x+1} * \frac{m}{m-k} * E_{(A_x)}$$

#### **Ajuste para la binomial negativa:**

El ajuste de la Binomial Negativa produjo una serie de frecuencias esperadas  $E(A_x)$  para cada clase de número de larvas  $x$ , homóloga a la serie de frecuencias observada  $A_x$ .

Su adecuación se determinó mediante ji-cuadrado, con un número de grados de libertad igual al número de clases menos-tres y luego se tomó el criterio del grado de estrechez usado en el análisis de POISSON (16).

#### **7.3.4. DETERMINACION DEL NUMERO DE MUESTRAS:**

Tomando en cuenta la distribución que manifestó la plaga, por cualquiera de los tres análisis anteriores (MORISITA, BARFIELD, y/o LOS MODELOS ESTADISTICOS) se procedió a determinar el número de muestras necesarias a muestrear en 1 Km<sup>2</sup> (unidad de trabajo usada en el Programa) en época de poca y alta abundancia de grano de café maduro, y en cada uno de los dos estratos altitudinales representados por ambas fincas (Mujuliá y Las Delicias).

**El muestreo en poblaciones con patrón de distribución agregada:**

El número necesario de unidades de muestreo se calculó mediante, la fórmula siguiente:

$$n = \frac{\frac{1}{m} + \frac{1}{k}}{a^2}$$

FORMULA 14

donde:

n = número de muestras

m = media

k = parámetro de contagio.

a = Error permitido al momento de realizar el muestreo o sección.

1 = Constante

## 8. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 8.1 TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA :

El comportamiento de los insectos esta relacionado directa e indirectamente a factores metereológicos. El clima y los hospederos son los dos factores más influyentes en el desarrollo de los insectos, por lo tanto los individuos de una población están sujetas a presiones biológicas y físicas del medio ambiente en que se encuentra. La abundancia y comportamiento distribucional de la mosca del Mediterráneo, depende básicamente de los factores ecológicos aunados a sus características genéticas (17, 3).

Evaluar el comportamiento, población y distribución de la mosca del Mediterráneo en distintas condiciones ambientales fue la razón de realizar la investigación en dos estratos altitudinales. Como factores climáticos se midieron la temperatura y la humedad relativa a través de higrotermógrafos instalados en las áreas de estudio.

La diferencia altitudinal entre los estratos ( 700 metros ) influyó en las variaciones de temperatura y humedad relativa en los meses de evaluación, aunque ambos estratos se encuentran en un clima subtropical pluvial, según Holdridge (7), y dentro de la misma franja cafetalera. Estas diferencias condicionan directa o indirectamente a la mosca del Mediterráneo para manifestar una mayor o menor abundancia de población en uno u otro estrato.

En relación a la temperatura media, ésta fue de 26 °C en el estrato bajo (finca Las Delicias (700 msnm)) y de 22 °C en el estrato alto (finca Mujuliá (1440 msnm)) (Figura 4).

El porcentaje de humedad relativa media registrada en el estrato alto fue de 80% y en el estrato bajo fue de un 75 %, ambos porcentajes se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo de la mosca del Mediterráneo (6). En la figura 4 es apreciable que la humedad relativa registró mayor variación en el estrato bajo que en el alto. Altas temperaturas se correlacionan con baja humedad relativa en el

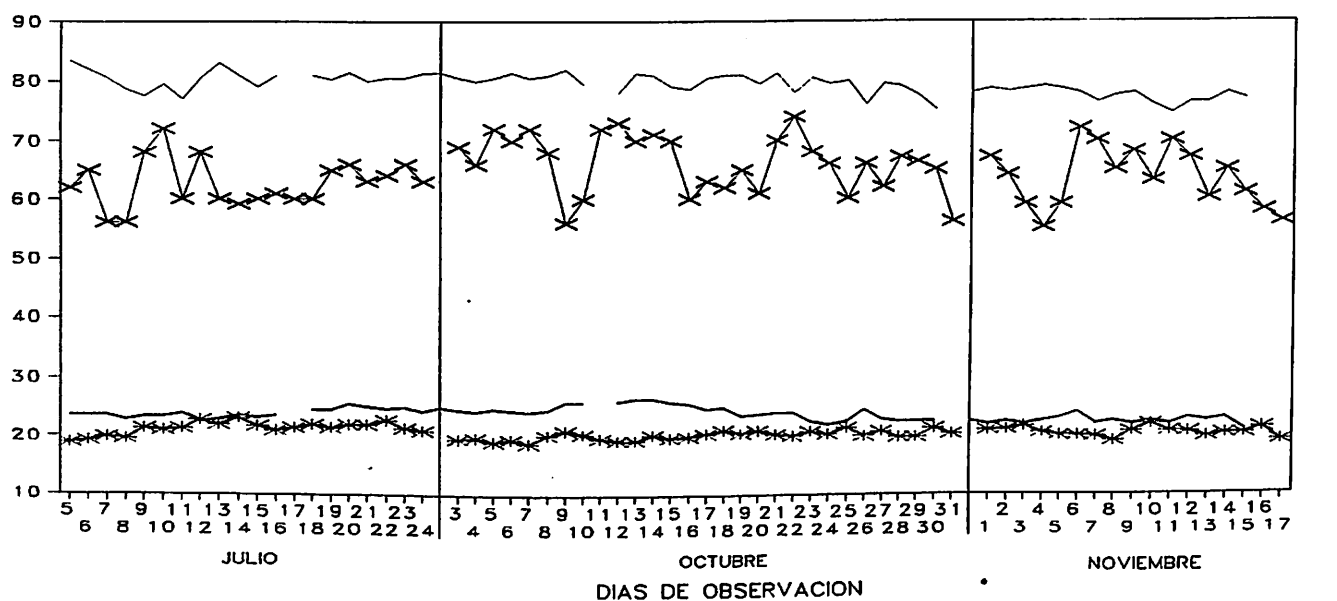


FIGURA 4

— T°C ESTRATO BAJO \* T°C ESTRATO ALTO — H.R. ESTRATO ALTO \* H.R. ESTRATO BAJO  
 COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN AMBOS ESTRATOS ALTITUDINALES DURANTE LA ETAPA DE EVALUACION

ambiente y viceversa. La mosca del Mediterráneo desarrolla su mayor potencial biótico en ambientes con temperaturas de 20 °C a 25 °C y humedad relativa de 60 a 80%, lo cual indica según las condiciones climáticas de los fincas evaluadas, que en el estrato alto se encuentra dentro del rango óptimo para el desarrollo de C. capitata, por lo tanto, se manifiesta una mayor abundancia poblacional de larvas por grano de café maduro que en el estrato bajo. La diferencia entre estas dos variables climáticas contribuyen a que estadísticamente se presenten diferencias significativas en el número de larvas por muestra de fruto de café, recolectado entre ambos estratos.

## 8.2. PRUEBA DE MEDIAS PARA LARVAS MUESTREADAS POR ESTRATO

Con el fin de conocer si existía diferencia significativa entre el número de larvas de C. capitata de ambos estratos altitudinales, se hizo una prueba de medias para los resultados obtenidos de los Km<sup>2</sup> analizados en ambos estratos altitudinales y para las dos épocas del estudio. Los resultados se muestran en el cuadro 2:

**CUADRO 2 RESULTADOS DE PRUEBA DE MEDIAS PARA NUMERO DE LARVAS DE AMBOS ESTRATOS (700 y 1440 MSNM) DURANTE EPOCA DE ALTA Y BAJA DISPONIBILIDAD DE HOSPEDERO.**

EPOCA		ESTRATO BAJO	ESTRATO ALTO	Tc	Tt
BAJA ABUNDANCIA	X	1.23	7.16	7.28*	1.96
	S <sup>2</sup>	4.68	61.57		
ALTA ABUNDANCIA	X	1.68	11.49	6.96*	1.96
	S <sup>2</sup>	12.78	186.07		

\* = Diferencia significativa (a un 5%).

### 8.3. RESULTADOS DE MUESTREOS PARA EPOCAS DE BAJA Y ALTA ABUNDANCIA DE FRUTOS MADUROS DE CAFÉ :

La toma de datos en la época de baja abundancia de frutos maduros de café, se realizó en el período comprendido del 17 de junio al 15 de agosto de 1,991. Para época de alta abundancia de hospedero se abarcó de la tercera semana de octubre a la tercera de diciembre, la fase de campo abarcó del 21 de octubre hasta el 7 de diciembre, concluyéndose el 20 de diciembre de 1991 las observaciones de laboratorio.

Los resultados del premuestreo y muestreo de áreas de una ha y de un Km<sup>2</sup> durante la época de baja abundancia de frutos de café maduro (hospedero) tanto para la finca Mujulia (que dentro de éste estudio es llamada estrato alto) como finca Las Delicias (que es llamada estrato bajo) se presentan a continuación.

Durante la época de baja abundancia de hospedero la cantidad de grano maduro de café tanto para el estrato alto como para el bajo fue escaso (maduraciones de café producto de las llamadas "Floraciones Locas del Café"), por lo que se considera que fue una época apropiada para obtener datos sobre la mosca del Mediterráneo en época de baja disponibilidad de hospedero.

Mientras que la época de alta abundancia de hospedero, es representativa de las maduraciones de café destinado a cosechas comerciales.

La metodología del trabajo de campo comprendió tres fases; premuestreo, muestreo de áreas de 1 ha y muestreo de áreas de 1 Km<sup>2</sup> (descritas en el capítulo previo).

### 8.3.1 PREMUESTREO :

El premuestreo se realizó con un margen de error permitido acorde a la abundancia de la plaga en cada estrato evaluado. El análisis estadístico del premuestreo se realizó a través del índice  $R_v$ , para determinar el número de plantas estadísticamente aceptables que deben ser muestreadas en las subsiguientes fases de este estudio.

En los cuadros 3, 4, 5, 6, 7 se indican los resultados obtenidos en el premuestreo indicándose el número de plantas o sitios a muestrear. Es necesario recordar que el criterio de decisión hacia un número de plantas ó sitio obedece a que el índice  $R_v$  promedio no fuese mayor de 25.

En la época de alta abundancia de hospedero al someter los datos del premuestreo al análisis del índice  $R_v$  se determinó que todas las pruebas daban un valor más alto que 25, por lo que posteriormente se sometieron al análisis para determinar el número de plantas a tomar por subparcela de 100 m<sup>2</sup>, mediante la fórmula 7, obteniéndose un número de plantas superior al realmente existente en cada subparcela. Por ello se tomó la muestra de la totalidad de plantas existentes en cada subparcela; este número obedeció a la densidad de siembra de plantas de café promedio en ambos estratos altitudinales (fincas Mujuliá y Las Delicias).

CUADRO 3 SELECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE CAFÉ A MUESTREAR EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO, SEGUN INDICE Rv. BASADO EN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA MUJULIA, COLOMBA C.C. 1991

NUMERO DE PLANTAS	LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO POR PLANTA (Unidad de muestreo)									
	NUMERO DE SUB-PARCELAS DE 100 m <sup>2</sup> (repeticiones)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	3	3	2	2	3	5	5	5
2	1	3	1	9	4	11	2	17	7	3
3	1	0	4	10	0	12	2	0	6	0
4	0	4	7	9	5	0	0	3	7	4
5	0	3	5	8	0	9	3	0	0	4
6	1	3	0	0	2	0	3	0	0	5
7	1	4	5	0	4	7	1	0	3	0
8	1	0	1	9	1	1	1	5	7	4
9	0	5	3	0	4	10	3	14	0	3
10	1	1	3	8	0	10	2	11	8	0
S	0.4831	1.7764	2.1499	4.2999	1.9322	4.8944	1.0541	6.3465	3.2677	2.04396
Sx	0.1528	0.5617	0.6799	1.3597	0.611	1.5478	0.3333	2.0069	1.033	0.646357
Indice Rv	23.7	23.91	26.616	22.432	33.838	18.914	16.666	36.48	24.031	23.084
Indice Rv promedio =	24.374									

CUADRO 4 SELECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE CAFÉ A MUESTREAR EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO, SEGUN INDICE Rv. BASADO EN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA C.C. 1991

NUMERO DE PLANTAS	LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO POR PLANTA (Unidad muestreo)									
	NUMERO DE SUB-PARCELAS DE 100 m <sup>2</sup> (Repeticiones)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	2	3	11	2	5	1	4	0	0
2	0	0	13	9	2	2	0	6	3	4
3	2	2	1	1	0	0	3	0	0	3
4	1	0	13	1	4	6	0	3	2	4
5	0	0	4	6	0	4	4	0	0	0
6	2	2	0	18	0	2	5	1	6	2
7	2	0	0	10	0	5	3	0	4	5
8	4	1	0	4	0	0	1	3	2	4
9	0	0	0	8	0	3	0	2	7	6
10	0	2	7	2	0	6	4	0	0	0
11	2	1	3	2	2	0	0	0	8	6
12	1	2	5	0	1	2	4	3	4	5
13	2	1	1	7	0	4	0	5	7	3
14	0	2	7	4	1	3	1	4	0	6
15	3	0	8	2	2	1	5	5	7	6
S	1.4075	0.9258	4.4668	4.9231	1.2228	2.0999	1.1981	2.1314	3.0394	2.22967
Sx	0.3635	0.239	1.1533	1.2712	0.3157	0.5422	0.5115	0.5503	0.7848	0.57698
Indice Rv	23.7	23.91	26.616	22.432	33.838	18.914	24.748	22.93	23.543	15.9916
Indice Rv promedio =	23.661									

CUADRO 5 SELECCION DEL NUMERO DE SITIOS A MUESTREAR EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO, SEGUN INDICE Rv. BASADO EN UN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA MUJULIA, COLOMBA C.C.. 1991

NUMERO DE SITIOS	LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO POR SITIO				
	NUMERO DE HECTAREAS EVALUADAS				
	1	2	3	4	5
1	5	10	9	1	7
2	3	5	22	9	8
3	5	11	10	10	5
4	5	7	5	5	9
5	3	9	8	8	7
S	1.0954	2.4083	5.8566	3.6491	1.4832
Sx	0.4898	1.077	2.6191	1.63095	0.6633
Indice Rv	11.6642	12.8218	22.5789	24.7113	9.2128
Indice Rv promedio =	16.1978				

CUADRO 6 SELECCION DEL NUMERO DE SITIOS A MUESTREAR EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO, SEGUN INDICE Rv. BASADO EN UN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA C.C.. 1991

NUMERO DE SITIOS	LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO				
	NUMERO DE PLANTAS EVALUADAS				
	1	2	3	4	5
1	1	3	5	12	0
2	3	6	7	5	3
3	5	7	3	9	4
4	4	5	9	10	6
5	2	8	5	15	1
S	1.581	1.923	2.280	3.7013	2.387
Sx	0.707	0.860	1.019	1.655	1.067
Indice Rv	23.570	14.81	17.582	16.228	38.132
Indice Rv promedio =	22.07				

**CUADRO 7 SELECCION DEL NUMERO DE PLANTAS DE CAFÉ A MUESTREAR EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO, SEGUN INDICE Rv. BASADO EN NUMERO DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA C.C. 1991**

NUMERO DE PLANTAS	LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO POR SITIO (sub-parcelas)(Unidad muestreo)			
	NUMERO DE HECTAREAS (Repeticiones)			
	1	2	3	4
1	1	1	0	0
2	1	0	1	0
3	2	1	0	0
4	0	1	0	1
5	1	0	2	0
6	2	2	1	2
7	3	0	3	0
8	2	1	1	2
9	0	0	0	0
10	1	1	3	1
11	0	0	0	0
12	0	0	3	0
13	3	1	1	2
14	1	2	2	0
15	2	1	3	1
S	1.0323	0.7037	1.2344	0.8281
Sx	0.2667	0.1817	0.3187	0.2138
Indice Rv	21.053	24.7776	23.9046	35.6348
Indice Rv promedio =	23.573936			

### 8.3.2. ESTUDIO DE AREAS DE UNA HECTAREA Y UN Km<sup>2</sup>:

En el estudio de áreas de 1 ha en época de baja abundancia de hospedero se muestrearon 100 subparcelas, muestreando de cada subparcela 10 plantas al azar en el estrato alto, y 15 en el estrato bajo (número de plantas obtenido a través del premuestreo) para conformar una muestra compuesta de granos de café, el número de granos promedio fue de 30 por muestra. Mientras que en alta abundancia se hospedero se muestreó la ha y de cada subparcela se sacó una muestra seleccionando al azar 40 granos de entre la densidad de plantas existentes en las fincas Mujuliá y Las Delicias, 30 y 40 plantas en promedio por cada 100 m<sup>2</sup>, respectivamente.

Para áreas de un Km<sup>2</sup> se muestrearon 100 subparcelas (de 1 ha cada una). Para la época de baja abundancia de hospedero, tanto en el estrato alto como en el bajo se extrajeron 5 submuestras por hectárea. Se muestrearon 100 subparcelas (de 1 ha cada una) existentes en el Km<sup>2</sup>, en el estrato bajo y en el alto se extrajeron 5 submuestras de cada hectarea ( una por cada sitio de muestreo determinado previamente en el premuestreo). Para época de alta abundancia de hospedero, el muestreo se realizó a cada una de las 100 hectareas, obteniendo de cada ha 10 submuestras en el estrato alto y 15 en el bajo (una por cada sitio de muestreo determinado en previamente en el premuestreo). Se recolectó en cada sitio muestras de fruto de café de la densidad de plantas existentes en dicha área. En el anexo 1 se representan los cuadros de frecuencias de larvas de C. capitata obtenidos por estrato, y área, indicándose la media y la varianza respectiva de cada muestreo, dichos parámetros estadísticos fueron de mucha utilidad en los análisis posteriores.

El cuadro 8 se presenta un resumen de los valores para obtener el patrón de dispersión de la mosca del Mediterráneo según los índices de MORISITA y BARFIELD y los modelos de POISSON y BINOMIAL NEGATIVA, como pruebas de comparación.

CUADRO 8 VALORES OBTENIDOS PARA CADA EPOCA Y AREA A TRAVES DE PROCEDIMIENTOS ESTADISTICOS.

PROCEDIMIENTO ESTADISTICO	EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA				EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA			
	ESTRATO ALTO		ESTRATO BAJO		ESTRATO ALTO		ESTRATO BAJO	
	Ha	Km <sup>2</sup>	Ha	Km <sup>2</sup>	Ha	Km <sup>2</sup>	Ha	Km <sub>2</sub>
MORISITA	1.4	1.6	1.24	2.24	1.76	1.15	1.72	2.3
BARFIELD	0.17	0.12	0.13	0.26	0.08	0.06	0.14	0.45
POISSON	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
BINOMIAL NEGATIVA	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI

Estrato Alto = Mujuliá

Estrato Bajo = Las Delicias

NOTA :

NO = significa que el modelo evaluado (Poisson ó Binomial Negativa) no se ajusta a la distribución real de la mosca del Mediterráneo.

SI = significa que el modelo evaluado si se ajusta a la distribución real de la mosca del Mediterráneo.

Considerando los resultados del cuadro 8, podemos decir lo siguiente: según el índice de **Morisita** (que siempre dió resultados superiores a 1) en ambas épocas y estratos las poblaciones de larvas de la mosca del Mediterráneo manifiesta un patrón de dispersión del tipo agregado para áreas de una ha y un Km<sup>2</sup>. De igual forma los resultados obtenidos a través del índice de **Barfield** (proporción media a varianza, que en este caso siempre dió resultados mayores que 1), indican que la población de larvas de mosca del Mediterráneo presenta un patrón de dispersión agregado. El análisis de los modelos estadísticos (Poisson y Binomial Negativa), mediante la bondad de ajuste de Ji-cuadrado indica que en época de baja abundancia de hospedero en el estrato alto y bajo no existe ajuste con la distribución de larvas en áreas de una ha y un Km<sup>2</sup>. Para la época de alta abundancia de hospedero, el análisis de

los modelos estadísticos indica que en áreas de una ha tanto el modelo de POISSON como el de BINOMIAL NEGATIVA no se ajusta a la frecuencia de larvas en dichas áreas tanto en el estrato alto como en el bajo, mientras que en áreas de un Km<sup>2</sup> el modelo BINOMIAL NEGATIVA si se ajusta a la distribución real de la plaga en los estratos alto y bajo.

En las figuras 5,6,7, y 8 es evidente el ajuste existente entre las líneas que describen las frecuencias de larvas en el campo y las líneas que describen los datos de la Binomial Negativa. Este ajuste o estrechez observado en toda la trayectoria de la Binomial Negativa hacia la distribución real (o de campo) no es comparable al descrito por las líneas que representan la distribución de Poisson. La distribución de Poisson describe una curva muy alejada a la distribución real y en ningún momento existe una trayectoria compartida entre ambas líneas. Estas representaciones gráficas confirman que la distribución de C. capitata en el campo no se ajusta a una distribución uniforme, pero sí a una del tipo agregado.

Los resultados de los modelos estadísticos de Poisson y Binomial Negativa para áreas de 1 ha y 1 Km<sup>2</sup> en ambos estratos altitudinales se presenta en los cuadros 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.

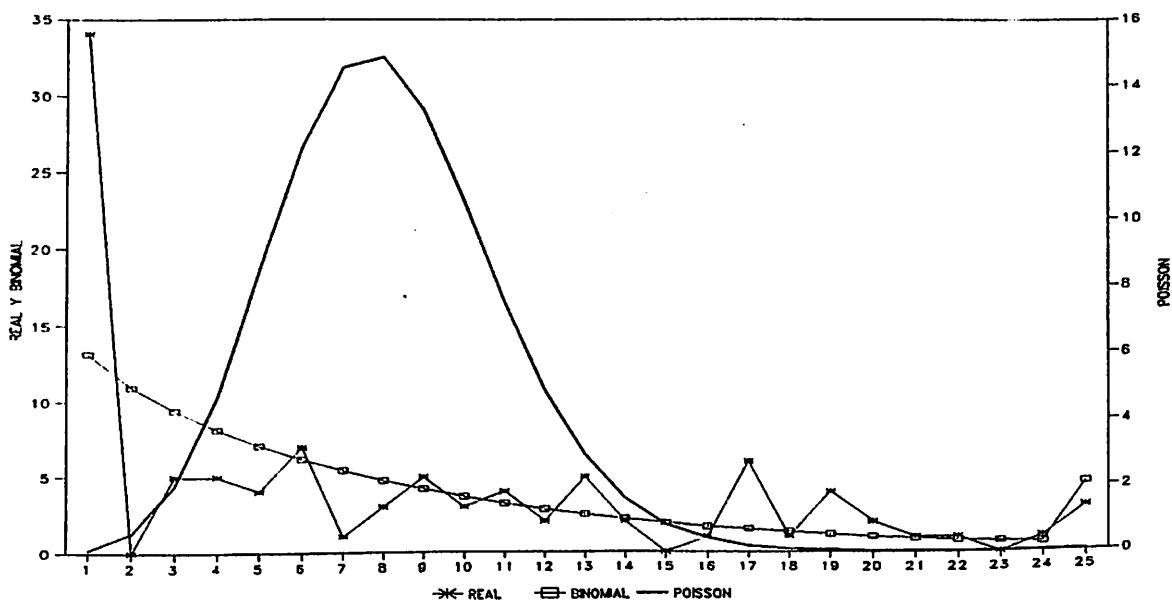


FIGURA 5 FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS DE *C. Capitata* Wied EN UN Km<sup>2</sup> DEL ESTRATO ALTO (FINCA MUJULIA) EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE.

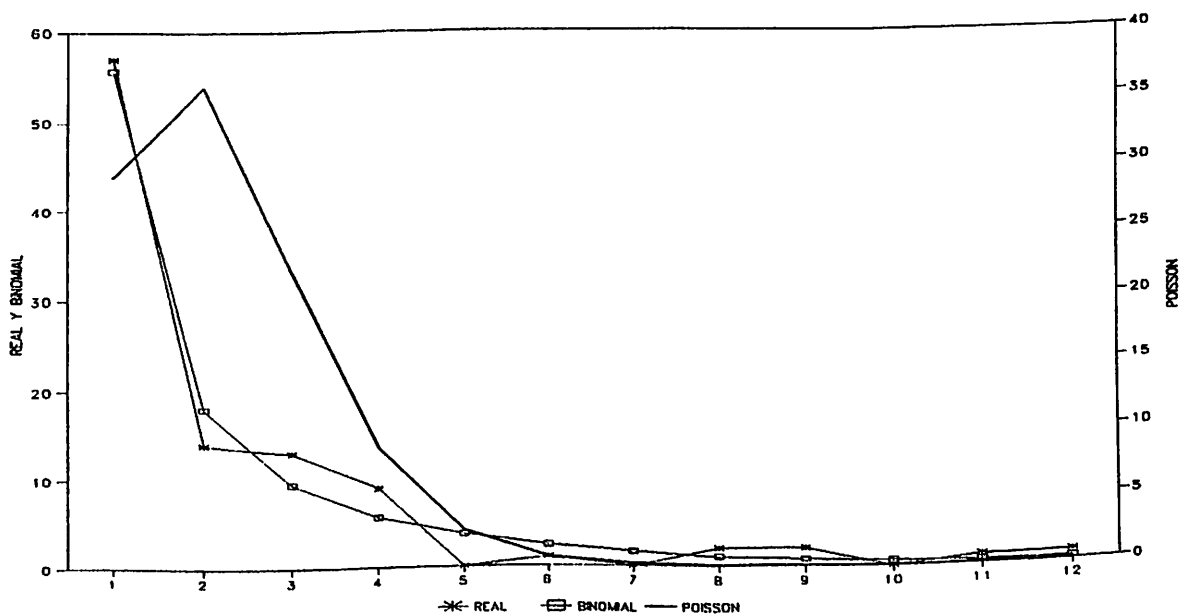


FIGURA 6 FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS DE *C. Capitata* Wied EN UN Km<sup>2</sup> DEL ESTRATO BAJO (FINCA LAS DELICIAS) EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE.

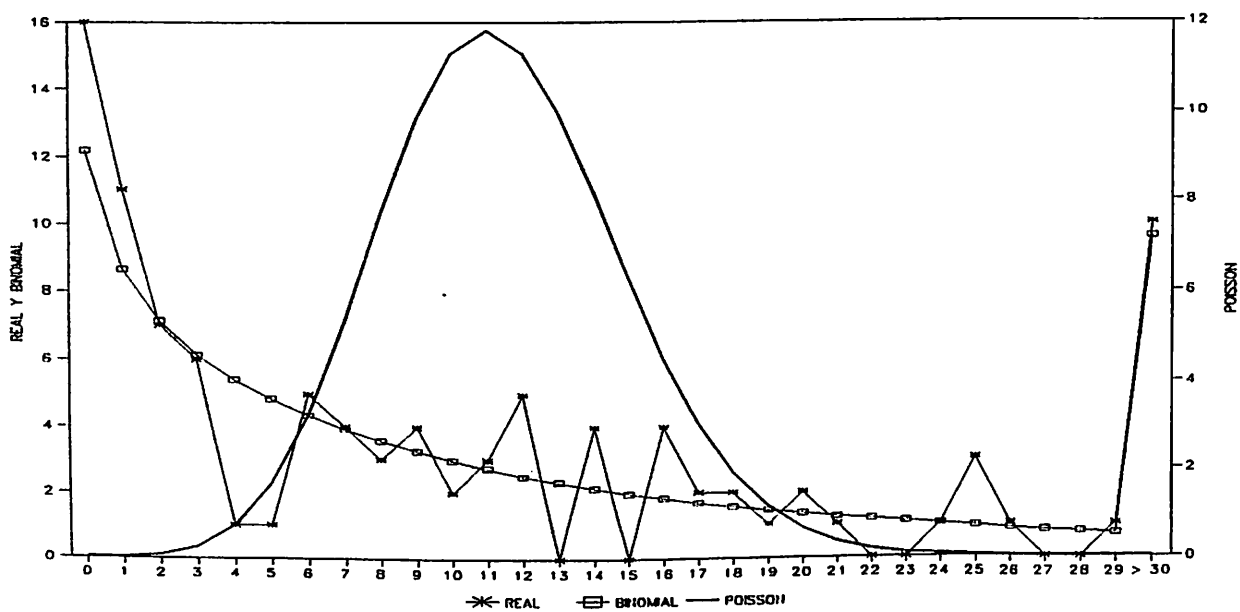


FIGURA 7 FRECUENCIA OBSERVADA Y CALCULADA DE LARVAS DE *C. Capitata* Wied EN UN Km<sup>2</sup> DEL ESTRATO ALTO (FINCA MUJULIA) EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE FRUTO DE CAFE.

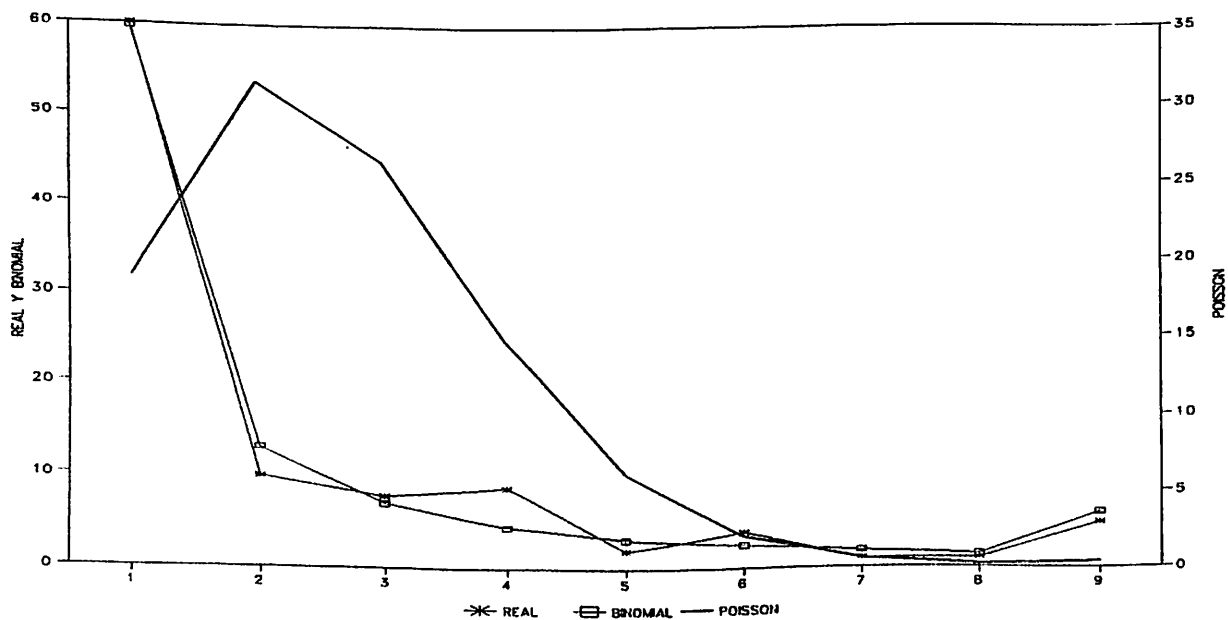


FIGURA 8 FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS DE *C. Capitata* Wied EN UN Km<sup>2</sup> DEL ESTRATO BAJO (FINCA LAS DELICIAS) EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE.

Dentro de la estructura de cada cuadro (9 al 15) se indica lo siguiente: en la primera columna, se registra el número de larvas por muestra; en la segunda columna, la frecuencia observada de cada "X" número de larvas dentro de la totalidad de muestras extraídas de la ha (100 muestras); la tercera columna, indica una serie de frecuencias esperadas según el modelo de POISSON; la cuarta columna indica las frecuencias esperadas según el modelo de la BINOMIAL NEGATIVA; en la últimas 4 líneas se indica el valor obtenido del parámetro de contagio o de agregación "K", el valor de  $\chi^2$  calculado y tabulado, y la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada basado en el grado de ajuste encontrado.

CUADRO 9 FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE *C. capitata* EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE COLOMBA COSTA CUCA 1,991.

No. de Larvas (x)	Frecuencia observada f(x)	Frecuencia esperada POISSON	Frecuencia esperada BINOMIAL
0	11	0.0016	1.6702
1	0	0.0180	3.2432
2	2	0.0994	4.4847
3	4	0.3651	5.3658
4	4	1.0060	5.9201
5	5	2.2172	6.2007
6	7	4.0722	6.2635
7	7	6.4108	6.1603
8	3	8.8309	5.9357
9	2	10.8130	5.6271
10	10	11.9159	5.2647
11	6	11.9376	4.8721
12	2	10.9627	4.4676
13	3	9.2930	4.0646
14	3	7.3149	3.6729
15	4	5.3740	3.2995
16	5	3.7014	2.9486
17	2	2.3706	2.6230
18	2	1.4689	2.3237
19	3	0.8520	2.0510
> 20	15	0.7540	13.5400
Sumatoria	100	100	100
"K"			2.3572
Ji <sup>2</sup> calc.		74280.4117	70.58287
Ji <sup>2</sup> tab.		30.1	27.6
Acep. Ho.?		NO	NO

K = Igual parámetro de agregación.

CUADRO 10 FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE *C capitata* EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE EN UNA Ha DEL ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA COSTA CUCA 1,991.

No. de Larvas (x)	Frecuencia observada f(x)	Frecuencia esperada POISSON	Frecuencia esperada BINOMIAL
0	15	0.0008	2.6321
1	1	0.0099	4.1313
2	2	0.0577	5.0302
3	1	0.2247	5.5346
4	2	0.6561	5.7649
5	2	1.5328	5.8018
6	11	2.9838	5.7029
7	4	4.9786	5.5100
8	5	7.2688	5.2544
9	4	9.4333	4.9593
10	4	11.0181	4.6420
11	5	11.6992	4.3152
12	3	11.3872	3.9885
13		10.2310	3.6685
14	5	8.5356	3.3600
15	4	6.6464	3.0661
16	5	4.8518	2.7890
17	5	3.2936	2.5297
18	2	2.1631	2.2887
19	4	1.3297	2.0659
20	3	0.7766	1.8610
21	1	0.4319	1.6733
22	3	0.2343	1.5020
23	1	0.1158	1.3461
> 24	8	0.1393	10.5822
sumatoria	100	100	100
Parám. "K"			1.81322
Ji <sup>2</sup> calc.		266603.778	90.898725
Ji <sup>2</sup> tab.		35.2	32.7
Acep. Ho.?		NO	NO

CUADRO 11

FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE C. capitata EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE EN 1 Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO ALTO. FINCA MUJULIA, COLOMBA COSTA CUCA 1,991.

No.DE Larvas (x)	Frecuencia observada f(x)	Frecuencia esperada POISSON	Frecuencia esperada BIN. NEG.
0	34	0.0777	13.1701
1		0.5564	10.9652
2	5	1.9918	9.4097
3	5	4.7538	8.1552
4	4	8.5093	7.1026
5	7	12.1853	6.2040
6	1	14.5411	5.4297
7	3	14.8735	4.7587
8	5	13.3118	4.1749
9	3	10.5902	3.6657
10	4	7.5826	3.2207
11	2	4.9356	2.8312
12	5	2.9449	2.4900
13	2	1.6212	2.1906
14	0	0.8293	1.9279
15	1	0.3953	1.6971
16	6	0.1774	1.4944
17	1	0.0746	1.3161
18	4	0.0297	1.1593
19	2	0.0112	1.0214
20	1	0.0040	0.9000
21	1	0.0014	0.7932
22	0	0.0004	0.6991
23	1	0.0001	0.6162
> 24	3	0.0016	4.6068
Sumatoria		100	100
Parám. "K"			0.9421329
Ji <sup>2</sup> calc.		29746.3	81.5184
Ji <sup>2</sup> tab.		35.2	32.7
Acep. Ho ?		NO	NO

CUADRO 12

FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE C capitata EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE EN 1 Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA COSTA CUCA 1,991.

No. de Larvas (x)	Frecuencia observada f(x)	Frecuencia Esperada POISSON	Frecuencia esperada BINO.NEG.
0	57	29.2293	55.6432
1	14	35.9520	17.9989
2	13	22.1105	9.5438
3	9	9.0653	5.7183
4	0	2.7876	3.6233
5	1	0.6857	2.3708
6	0	0.1406	1.5839
7	2	0.0247	1.0738
8	2	0.0038	0.7359
9	0	0.0005	0.5085
10	1	0.0001	0.3538
11	1	0.0000	0.2474
Sumatoria	100	100	99.40
Parám. "K"			0.4388906
Ji <sup>2</sup> cal.		1253.804	17
Ji <sup>2</sup> tab.		18.3	15.5
Acep. Ho ?		NO	NO

CUADRO 13

FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS AJUSTADAS DE LARVAS DE *C. capitata* POR MUESTRA EN 1 Ha. EN ALTA ABUNDANCIA DE FRUTO MADURO DE CAFE, ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA COSTA CUCA 1,991.

No. de Larvas (x)	Frec. observada f(x)	x*f(x)	frec. Esperada POISSON	Frec. Esperada BINOMIAL
0	80	0	3.011942e+01	67.474409
1	0	0	3.614331e+01	11.7608
2	2	4	2.168598e+01	6.0512
3	5	15	8.674393e+00	3.7998
4	0	0	2.602318e+00	2.6015
5	4	20	6.245563e-01	1.8696
6	2	12	1.249113e-01	1.3860
7	0	0	2.141336e-02	1.0499
8	3	24	3.212004e-03	0.8081
9	0	0	4.282672e-04	0.6297
10	1	10	5.139206e-05	0.4954
11	1	11	5.606407e-06	0.3928
12	2	24	5.606407e-07	0.3134
sumatoria	100	120	100.0000012	98.63252962
Parám. "K"				1.347763
Ji <sup>2</sup> calc.			7335495	40.631
Ji <sup>2</sup> tab.			19.7	17.0
Acep. Ho ?			N O	NO

CUADRO 14

FRECUENCIAS OBSERVADAS Y CALCULADAS DE LARVAS DE *C. capitata* EN UN Km<sup>2</sup> EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE EN EL ESTRATO ALTO. FINCA MUJULIA, COLOMBA COSTA CUCA 1,991.

No. de Larvas (x)	Frecuencia observada f(x)	Frecuencia esperada POISSON	Frecuencia esperada BIN. NEG.
0	16	0.0010	12.1749
1	11	0.0118	8.6383
2	7	0.0675	7.1170
3	6	0.2587	6.1349
4	1	0.7431	5.4052
5	1	1.7076	4.8242
6	5	3.2700	4.3424
7	4	5.3674	3.9323
8	3	7.7090	3.5771
9	4	9.8418	3.2653
10	2	11.3082	2.9890
11	3	11.8119	2.7422
12	5	11.3099	2.5206
13	0	9.9962	2.3206
14	4	8.2041	2.1394
15	0	6.2843	1.9747
16	4	4.5129	1.8245
17	2	3.0502	1.6873
18	2	1.9470	1.5617
19	1	1.1774	1.4464
20	2	0.6764	1.3406
21	1	0.3701	1.2432
22	0	0.1933	1.1535
23	0	0.0966	1.0708
24	1	0.0462	0.9945
25	3	0.0212	0.9240
26	1	0.0094	0.8588
27	0	0.0040	0.7985
28	0	0.0016	0.7426
29	1	0.0006	0.6909
> 30	10	0.0002	9.5646
Sumatoria		100	100
Parám. "K"			0.7562159
Ji <sup>2</sup> calc.		665268.5	29.4329
Ji <sup>2</sup> tab.		42.6	40.1
acep. Ho ?		NO	SI

**CUADRO 15 FRECUENCIAS OBSERVADAS Y FRECUENCIAS CALCULADAS DE LARVAS DE C. capitata EN UN Km<sup>2</sup> EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA COSTA CUCA 1,991.**

No. de Larvas	Frecuencia observada f(x)	Frecuencia esperada POISSON	Frecuencia esperada BIN. NEG.
0	60	18.6374	59.6903
1	10	31.3108	13.1848
2	8	26.3011	7.1818
3	9	14.7286	4.6871
4	2	6.1860	3.3120
5	4	2.0785	2.4475
6	1	0.5820	1.8616
7	1	0.1397	1.4446
8	5	0.0359	6.1903
Sumatoria	100	100	100
Parám. "K"			0.2543619
Ji <sup>2</sup> calc.		817.887	7.1015
Ji <sup>2</sup> tab.		14.1	11.1
Accept. Ho ?		NO	SI

La metodología de trabajo dentro del estudio determinada a través de procedimientos estadísticos (número de muestras, número de sitios) para cada unidad de área, estrato y época ha permitido minimizar los efectos metodológicos o instrumentales que afectan en alguna etapa del muestreo y a la vez, hacer que esté acorde a la abundancia de la plaga. Al lograrse un acercamiento de las probabilidades de detección de la plaga entre áreas, estratos y épocas ha permitido comparar resultados del muestreo y aplicar otros procedimientos o modelos estadísticos de análisis.

La estimación de la distribución espacial se puede hacer en base a los índices (Morisita y Barfield, en este estudio) que permitieron evaluar si el arreglo de individuos tenía o no una disposición al azar; es decir, estos índices permitieron en forma práctica adquirir una percepción de como estaban dispersas las poblaciones de la plaga al hacer un análisis de las relaciones entre la media y la varianza de la muestra; pero, para el análisis más profundo fue

necesario describir el tipo de disposición, para ello, se usaron los modelos que permiten corroborar, confirmar (basados en hipótesis compatibles con procesos biológicos y ecológicos) el arreglo espacial de los individuos de la población (15,1).

En base a lo anteriormente expuesto y considerando los resultados obtenidos en el muestreo durante la época de baja disponibilidad de frutos de café maduro, es apreciable que la población en áreas de un Km<sup>2</sup> como en áreas de una ha presenta un patrón de distribución del tipo agregado. Los valores de los índices de MORISITA y BARFIELD encontrados nos señalan dicho patrón de agregación; con lo cual se firma lo señalado por Allee y colaboradores (15) que "las distribuciones contagiosas son la regla en la naturaleza".

La distribución de la mosca del Mediterráneo en la época de baja disponibilidad de hospedero no se ajustó (según bondad de ajuste Ji-cuadrado) a los modelos teóricos de POISSON y BINOMIAL NEGATIVA. Considerando los resultados definidos de los índices de BARFIELD y MORISITA, que demuestran la existencia de una distribución en agregados, se esperaba que la distribución de la mosca se ajustará a la distribución teórica del modelo BINOMIAL NEGATIVA que es considerado compatible con el arreglo espacial del tipo agregado, debido a que una de sus hipótesis fundamentales sobre las que éste se basa se cumple en esta época (la cual dice, que no todos los puntos del espacio o área determinada tienen la misma probabilidad de ser ocupados por los individuos de una población). Aunque, la Binomial Negativa no fue estrecha, podemos inferir que existe cierto grado de agregación en la población tal como lo confirman los índices evaluados (MORISITA y BARFIELD). Estos resultados están muy relacionados a la época en que se realizó el estudio, es decir, en época de poca disponibilidad de frutos de café la agregación de los individuos responde a factores de tipo físico del ambiente (en este caso es la poca disponibilidad de grano de café maduro) ocurriendo agrupaciones que básicamente no obedecen a factores de tipo social (preferencialidad), teniendo ello efecto sobre la regulación de las poblaciones. En las figuras 9, 10, 11, y

12 se representa en forma tridimensional el número de larvas por sub-parcelas a nivel de los Km<sup>2</sup> trabajados. En la misma se logra apreciar el acondicionamiento de la plaga a áreas únicamente con existencia de hospedero. Por lo que la probabilidad de detección de la plaga en la presente época mediante el muestreo dirigido a cualquier grano de café maduro es alta.

En cada una de las figuras tridimensionales es apreciable en mejor forma la distribución en agregados. Cada cuadro de la figura representa sub-parcelas del Km<sup>2</sup>. El manto que se eleba sobre estas 100 sub-parcelas está formado por una serie de picos que representan el número de larvas por cada sub-parcela. Los puntos más altos indican una mayor concentración de larvas y viceversa. Este tipo de ilustración permitió conocer la preferencialidad de C. capitata hacia ciertas áreas del Km<sup>2</sup>, debido a las características ambientales que ofrecían dichas áreas.

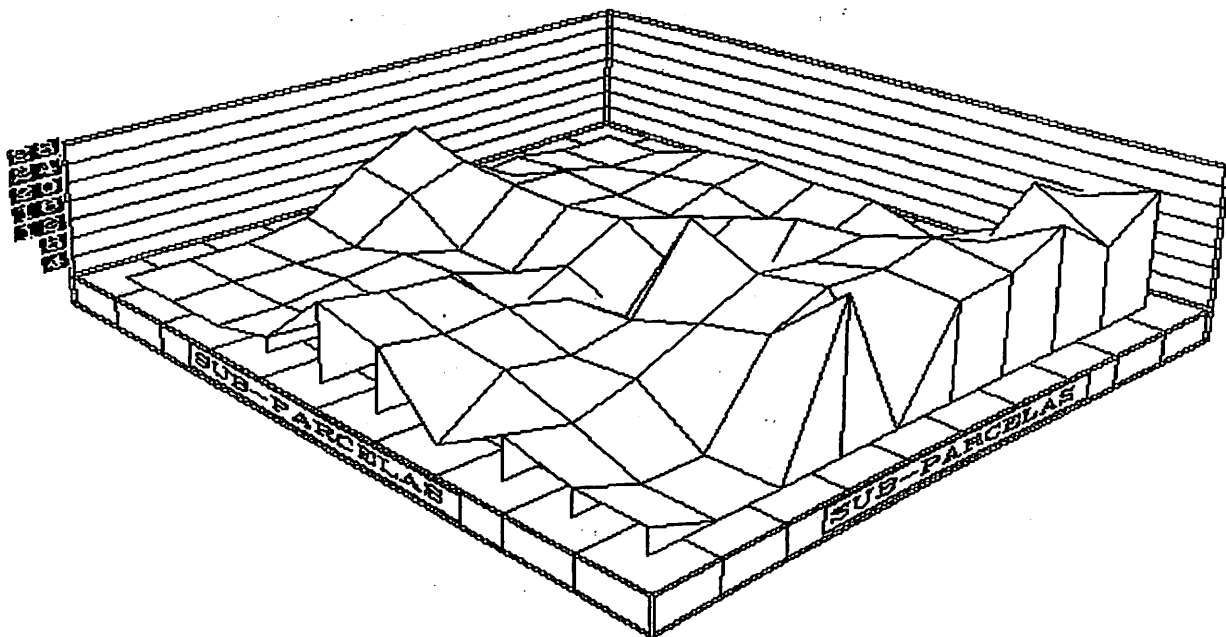


FIGURA 9

DISTRIBUCION DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO EN UN Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO ALTO (FINCA MUJULIA) EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE. COLOMBA COSTA CUCA 1991.

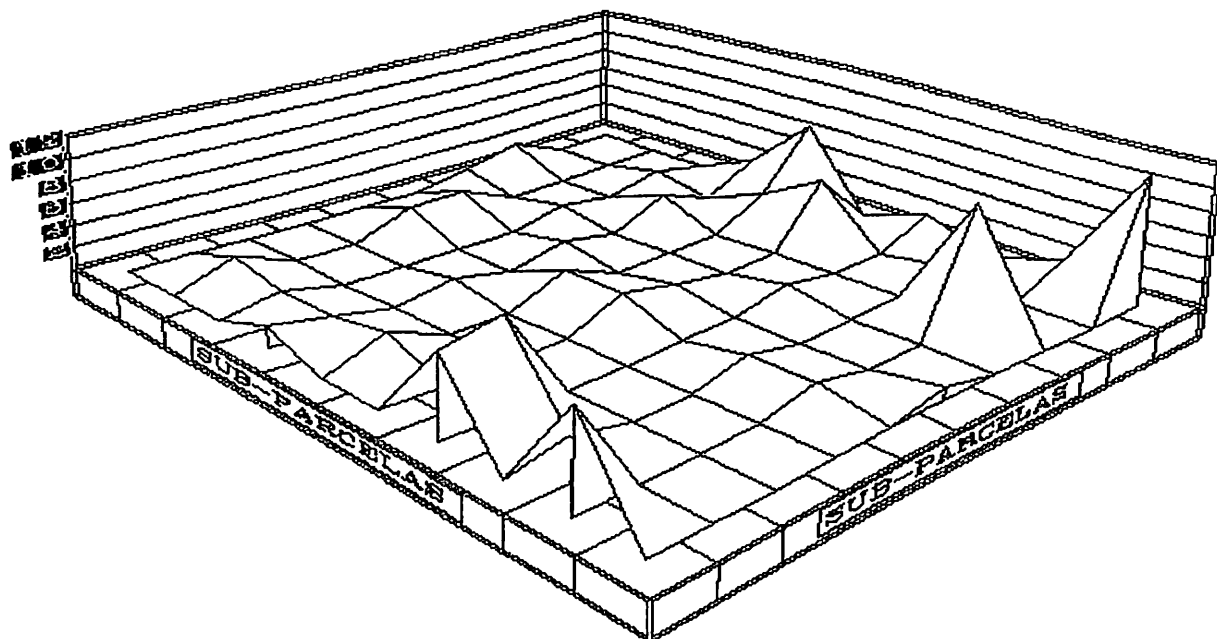


FIGURA 10

DISTRIBUCION DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO EN UN Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO BAJO (FINCA LAS DELICIAS) EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE. COLOMBA COSTA CUCA 1991

En época de alta abundancia de hospedero tanto en áreas de una Ha como de un Km<sup>2</sup> se manifestó un patrón de distribución del tipo agregado tal como lo indican el índice de MORISITA y BARFIELD, confirmándolo además el modelo de la BINOMIAL NEGATIVA, el cual se ajustó a la distribución real de la plaga en el campo en áreas de un Km<sup>2</sup>. En áreas de una Ha no se ajustó dicho modelo, ello es atribuible al tamaño del área la cual no permite la manifestación de un comportamiento social definido de la mosca del Mediterráneo. Por lo tanto, se puede decir que la mosca del Mediterráneo en épocas de alta abundancia de fruto maduro de café y en extensiones grandes, para este caso de un Km<sup>2</sup>, manifiesta un patrón de distribución agregado. Indicándonos además este resultado que en el campo existen condiciones ambientales heterogéneas, es decir, que no todos los puntos o sitios del área estudiada tienen la misma probabilidad de ser ocupados por los individuos (moscas del Mediterráneo), pero que se manifiesta un comportamiento social en donde la presencia de un individuo en un punto del área condiciona la existencia o ubicación del otro.

El modelo de POISSON no se ajustó en ningún momento a la distribución real de la mosca del Mediterráneo en el campo, por lo tanto, los individuos de esta población insectil no se encuentran distribuidos uniformemente en el área.

En época de alta abundancia de fruto maduro de café la mosca del Mediterráneo manifiesta su comportamiento distribucional debido a factores de presión física ambiental, al igual que en época de baja abundancia; pero es durante ésta época otros factores condicionan la probabilidad de que los individuos de la mosca del Mediterráneo no ocupen cualquier espacio del área. Podemos ver que en la primera época del estudio el factor de presión física fue la poca disponibilidad de hospedero, y en esta segunda época del estudio la abundancia de hospedero es alta, pero existen otros factores, por lo que la mosca instintivamente manifiesta preferencialidad hacia ciertas áreas; mediante

observaciones de campo se pudo evidenciar la preferencialidad hacia áreas cercanas a fuentes de agua y a áreas con plantaciones de café sometidas a un manejo tradicional. Es de hacer notar que durante esta segunda época el régimen de precipitación pluvial iba en descenso, por lo que se cree que debido a que la mosca, como cualquier insecto, necesita condiciones de humedad y temperaturas adecuadas a sus desarrollo y supervivencia, buscando éstas en áreas que proporcionen dichas condiciones. En las figuras 11 y 12 es apreciable el agrupamiento de la mosca del Mediterráneo en áreas que obviamente ofrecieron condiciones ideales en los factores antes señalados.

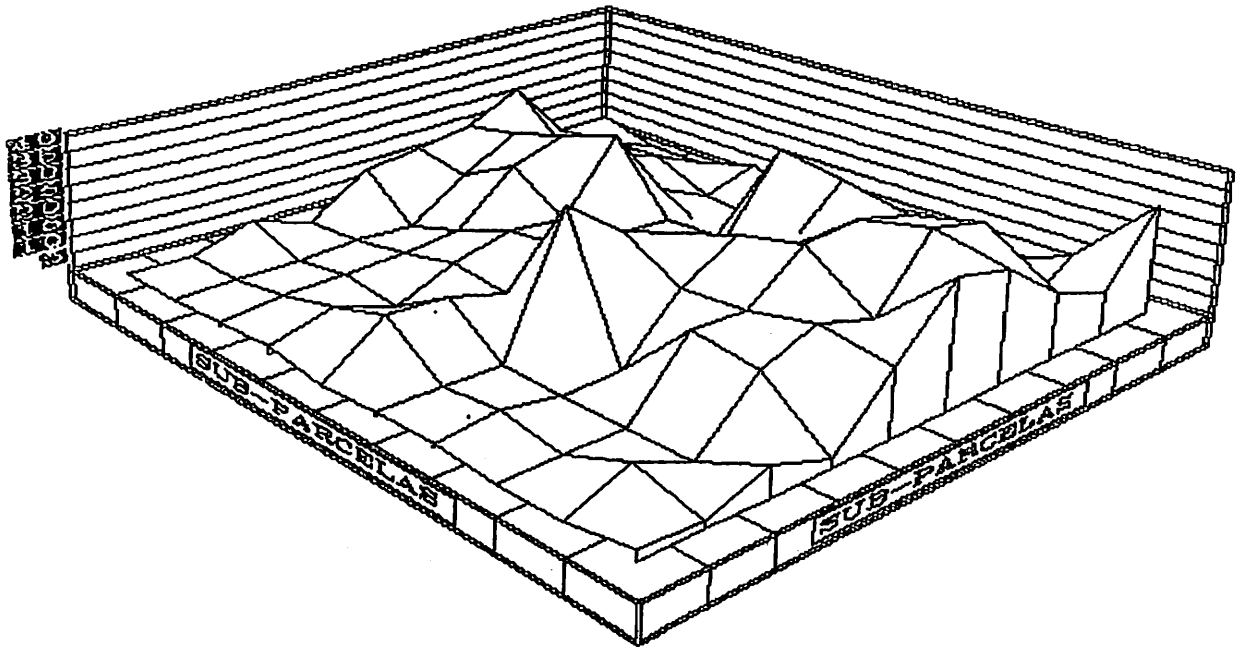


FIGURA 11 DISTRIBUCION DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO EN 1 Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO ALTO , EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE. FINCA MUJULIA, COLOMBA COSTA CUCA 1,991.

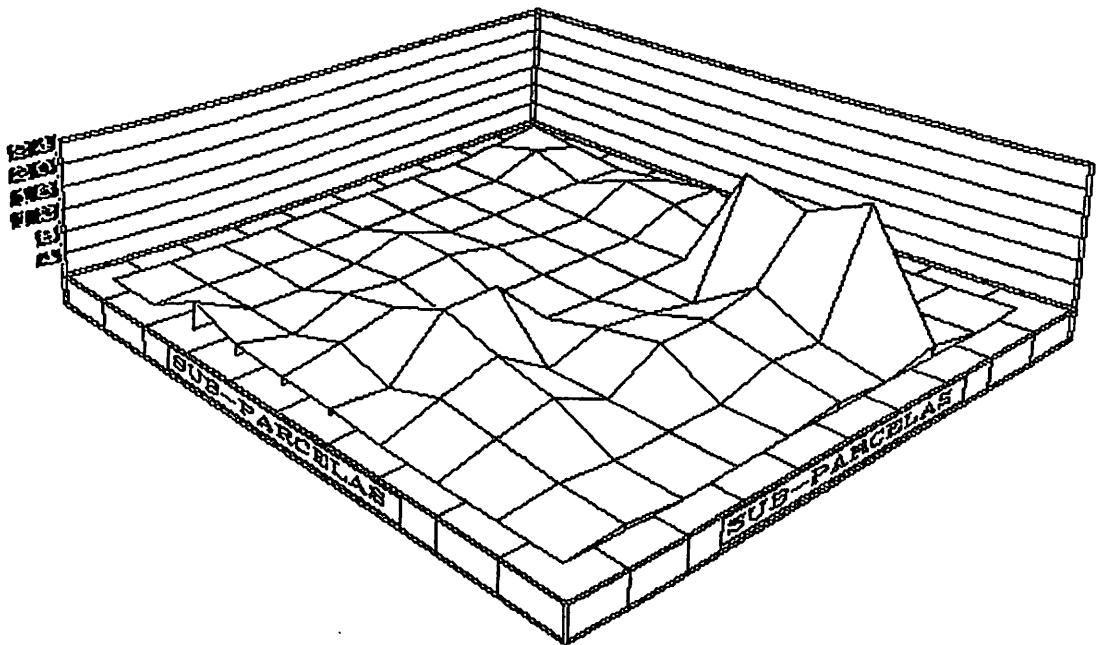


FIGURA 12 DISTRIBUCION DE LARVAS DE MOSCA DEL MEDITERRANEO EN UN Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO BAJO, EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE FRUTOS DE CAFE. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA COSTA CUCA, 1991.

Considerando el comportamiento de la mosca del Mediterráneo según la disponibilidad de granos maduros de café, las estrategias de muestreo también deberán ser acordes a dicho comportamiento. En época de baja disponibilidad de hospedero se debe hacer un reconocimiento del Km<sup>2</sup> a muestrear previo a iniciar el muestreo, con la finalidad de determinar zonas del cafetal con presencia de granos maduros, ya que en esta época debido a la escasez del grano existe una alta probabilidad de detección de la plaga en cualquier grano de café maduro que se tome; una vez delimitadas las zonas se debe realizar el muestreo tomando el número de muestras y frutos maduros (granos) según el estrato altitudinal. En época de alta abundancia de fruto maduro de café se debe realizar un reconocimiento del Km<sup>2</sup> previo al muestreo, al igual como se realizaría en época de baja disponibilidad de hospedero, con la diferencia que la finalidad en esta época será delimitar zonas que reúnan ambientes altamente preferidos por la mosca, como los anteriormente señalados (áreas soleadas o con poca sombra, cafetales cercanos a fuentes de agua, cafetales con manejo extensivo); una vez delimitado el Km<sup>2</sup> se debe dirigir el muestreo al número de plantas y a la vez al número de frutos recomendado en el estrato altitudinal respectivo, y siempre manteniendo el criterio de aleatorización.

Dentro del control integrado de plagas una de las preguntas más comunes que se plantean es cuantas muestras son necesarias tomar en un área de trabajo, (1). Considerando la importancia de dicho aspecto en este estudio se determinó un número de muestras, para la unidad de trabajo del Programa MOSCAMED (un Km<sup>2</sup>), tomando en cuenta la abundancia y el comportamiento distribucional de la mosca del Mediterráneo. En dichos cálculos se utilizó la fórmula 14 (ver página No. 35) contemplando un error permitido de muestreo de 0.2. determinándose que para la época de baja disponibilidad del hospedero se deben tomar 30 muestras en el estrato alto y 77 en el estrato bajo. Para la época de alta abundancia de hospedero se deben tomar 35 muestras en el estrato alto y 113 en el bajo. Dicha información es importante para la definición de estrategias de muestreo dentro del Programa MOSCAMED para áreas y épocas bajo similares condiciones de donde se realizó el estudio.

## 9. CONCLUSIONES

- 9.1 El patrón de distribución espacial de la mosca del Mediterráneo en el cultivo del café, no es uniforme en ambos estratos altitudinales (700 y 1440 msnm.), ni a diferente disponibilidad (cantidad) de fruta de café maduro. Por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada.
- 9.2 La mosca del Mediterráneo se encuentra distribuída en forma agregada tanto en áreas de una Hectárea como de un Kilómetro cuadrado, en el estrato alto (1440 msnm) como en el bajo (700 msnm), así como en época de poca y alta abundancia de frutos maduros de café (Hospedero).
- 9.3 El modelo de la BINOMIAL NEGATIVA se ajustó a la distribución de la población de la mosca del Mediterráneo en época de alta abundancia de hospedero en el área cafetalera; manifestándose el mayor grado de agregación cuando existe una mayor uniformidad y disponibilidad de hospedero.
- 9.4 El modelo POISSON no se ajusta, en ninguna época y estrato a la distribución real de la mosca del Mediterráneo; por lo tanto, la mosca del Mediterráneo presenta un patrón de distribución uniforme.
- 9.5 El número poblacional de larvas de mosca del Mediterráneo es mayor en el estrato alto (1440 msnm).
- 9.6 La disponibilidad de alimento (café cereza) existente en la franja cafetalera de sur-occidente del país es el factor que determina en mayor proporción el comportamiento distribucional de la mosca del Mediterráneo.

- 9.7 El número de muestras a tomar por Km<sup>2</sup> es de 30 y 77 para la época de baja disponibilidad de fruto maduro de café, para el estrato alto y bajo, respectivamente.
- 9.8 El número de muestras por Km<sup>2</sup> es de 35 y 113 para la época de alta disponibilidad de fruto maduro de café, para el estrato alto y bajo respectivamente.

## 10. RECOMENDACIONES

- 10.1 Considerando la época (de alta o baja cantidad de fruto maduro de café), y la altitud del área, en el muestreo de la mosca del Mediterráneo debe tomarse en cuenta lo siguiente:
- 10.2 En época de baja disponibilidad de fruto maduro de café en estratos altitudinales altos el muestreador debe tomar 30 muestras por Km<sup>2</sup>. En donde, cada muestra optimamente debe ser compuesta por 30 frutos maduros de café cortados de entre 10 plantas seleccionadas al azar dentro de un área de 100 m<sup>2</sup>.
- 10.3 En época de baja disponibilidad de fruto maduro de café en estratos altitudinales bajos el muestreador debe tomar 77 muestras por Km<sup>2</sup>. En donde, Cada muestra optimamente debe ser compuesta por 40 frutos maduros de café cortados de entre 15 plantas seleccionadas al azar dentro de un área de 100 m<sup>2</sup>.
- 10.4 En época de alta disponibilidad de fruto maduro de café en estratos altitudinales altos el muestreador debe tomar 35 muestras por Km<sup>2</sup>. En donde, cada muestra optimamente debe ser compuesta por 45 frutos maduros de café cortados de entre la total densidad de plantas existentes en unidades de área de 100 m<sup>2</sup>.
- 10.5 En época de alta disponibilidad de fruto maduro de café en estratos altitudinales bajos el muestreador debe tomar 113 muestras por Km<sup>2</sup>. En donde, Cada muestra optimamente debe ser compuesta por 40 frutos maduros de café cortados de entre la total densidad de plantas existentes en unidades de área de 100 m<sup>2</sup>.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- 1.- BARFIELD, C.S. 1,984. Manejo integrado de plagas insectiles en Centro América; estado actual y futuro. Editado por K. L. Andrews y José Rutilio Quezada. Honduras, Escuela Agrícola El Zamorano. p. 46-47.
- 2.- ENKERLIN HOELICH, W. 1,990. Dispersión y desplazamiento de moscas de la fruta. In Curso internacional sobre moscas de las frutas. (4., 1,990, Metapa de Dominguez, Chiapas, México). Chiapas, México, Programa Moscamed. p. 115-119.
- 3.- ESTRADA HURTARTE, R.E. 1,989. Algunos aspectos de agrometereología relacionados con el manejo integrado de plagas. In Congreso guatemalteco de agrometereología (1,989, Guatemala). Guatemala, Instituto de Sismología Vulcanología Metereología e Hidrología. p. 147-158.
- 4.- GUATEMALA. INSTITUTO DE SISMOLOGIA VULCANOLOGIA METEREOLOGIA E HIDROLOGIA. 1,988. Atlas climatológico de la República de Guatemala. Guatemala. 22 p.
- 5.- GUATEMALA. SECRETARIA GENERAL DEL CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACION ECONOMICA. 1,985. Mapa de cobertura y uso actual de la tierra; memoria explicativa. Guatemala. 24 p.
- 6.- GUTIERREZ SAMPERIO, J. 1,976. La mosca del mediterráneo, Ceratitís capitata (Wied) y los factores ecológicos que favorecerían su establecimiento y propágación en México. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería. p. 6-23.
- 7.- HOLDRIDGE, L.R. 1,959. Zonificación ecológica de América Central. Turrialba, Costa Rica, IICA. 216 p.
- 8.- IBARRA, E.L. 1,967. Modelos estadísticos para la distribución de frecuencias de insectos comunmente observados en estudios entomológicos. Agronomía (Gua.) 2(4):9-17.
- 9.- KREBS, C.J. 1,985. Ecología; estudios de la distribución y la abundancia. 2 ed. México, D.F., Harla. p.338-445.
- 10.- LEE, H.I. 1,987. Ensayo de una unidad de muestreo por tiempo, como índice poblacional relativo en larvas de Ceratitís capitata Wied. en cafetales del departamento de San Marcos, Guatemala. Guatemala, Moscamed. p.9-11.

- 11.- LOPEZ RODRIGUEZ, E.R. 1,992. Estudio del comportamiento de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied) en el Suroccidente de Guatemala. Quinquenio 1,986-90. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 53 p.
- 12.- LUDWIG, J. REINOLDS, J. 1,988. Statistical ecology; a primer on methods and applications. Estados Unidos, Interscience. 337 p.
- 13.- PEDIGO, L. 1,980. Entomology and pest Management. EE.UU., Iowa State University. p. 227-236.
- 14.- PROGRAMA MOSCAMED (Gua.) 1,989. Memoria de labores, 1,988. Guatemala. p. 2-12.
- 15.- RABINOVICH, J.E. 1,978. Ecología de poblaciones animales. Caracas, Venezuela, O.E.A. Serie Biológica, monografía no. 21. p. 42-67.
- 16.- ROJAS, B.A. 1,964. La Binomial negativa y la intensidad de plaga en el suelo. Fitotecnia Latinoamericana (Mex.) 1:28-36.
- 17.- SANCHEZ ALUJA, M. 1,984. El complejo de moscas de las frutas en México. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería. p. 3-28.
- 18.- SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1,959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado-Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. p. 141-168.
- 19.- VARGAS, R.I.; STARK, J.D.; NISHIDA, T. 1,989. Abundancy, distribution, and dispersion indices of the oriental fruit fly and melon fly (Diptera: Tephritidae) on Kauai, Hawaiian Islands. Journal of Economic Entomology (EE.UU.) 82(6):186-193.
- 20.- VARGAS, R.I.; MIYASHITA, D.; NISHIDA, T. 1,984. Life history y demographic parameters of three laboratory-reared Teprhitids (Diptera: Tephritidae). Annals of the Entomological Society of América. (EE.UU.). 77(6): 651-656.

Vo. Co.  
*Patualla*



## 12. ANEXO 1

CUADRO A-1 FRECUENCIAS OBSERVADAS DE LARVAS DE C. capitata EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UNA HECTÁREA EN ESTRATO ALTO. FINCA MUJULIA, COLOMBA C.C. 1,991.

No. de larvas de <u>C. capitata</u>	frecuencias		
	f(x)	x*f(x)	x <sup>2</sup> *f(x)
0	11	0	0
1	0	0	0
2	2	4	8
3	4	12	36
4	4	16	64
5	5	25	125
6	7	42	252
7	7	49	343
8	3	24	192
9	2	18	162
10	10	100	1000
11	6	66	726
12	2	24	288
13	3	39	507
14	3	42	588
15	4	60	900
16	5	80	1280
17	2	34	578
18	2	36	648
19	3	57	1083
> 20	15	374	
VARIANZA 62.54			
MEDIA 11.02			

CUADRO A-2

FRECUENCIAS OBSERVADAS DE C. capitata EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UNA HECTÁREA EN ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA C.C. 1,991.

No. de larvas de <u>C. capitata</u> (x)	FRECUENCIAS		
	f(x)	x*f(x)	x <sup>2</sup> *f(x)
0	15	0	0
1	1	1	1
2	2	4	8
3	1	3	9
4	2	8	32
5	2	10	50
6	11	66	396
7	4	28	196
8	5	40	320
9	4	36	324
10	4	40	400
11	5	55	605
12	3	36	432
13	0	0	0
14	5	70	980
15	4	60	900
16	5	80	1280
17	5	85	1445
18	2	36	648
19	4	76	1444
20	3	60	1200
21	1	21	441
22	3	66	1452
23	1	23	529
>24	8	0	0
VARIANZA		86.9	
MEDIA		11.6	

CUADRO A-3

FRECUENCIAS OBSERVADAS DE LARVAS DE *C. capitata* EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UN Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO ALTO. FINCA MUJULIA, COLOMBA C.C. 1,991.

LARVAS DE <i>C. capitata</i>	FRECUENCIAS		
	f(x)	X*f(x)	X <sup>2</sup> *f(x)
	34	0	0
1		0	0
2	5	10	20
3	5	15	45
4	4	16	64
5	7	35	175
6	1	6	36
7	3	21	147
8	5	40	320
9	3	27	243
10	4	40	400
11	2	22	242
12	5	60	730
13	2	26	338
14	0	0	0
15	1	15	225
16	6	96	1536
17	1	17	289
18	4	72	1296
19	2	38	722
20	1	20	400
21	1	21	441
22	0	0	0
23	1	23	529
>24	3	3	3096
VARIANZA 61.5744 MEDIA 7.16			

CUADRO A-4

FRECUENCIAS OBSERVADAS DE LARVAS DE C. capitata EN EPOCA DE BAJA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UN Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA C.C. 1,991.

LARVAS DE <u>C. capitata</u> (x)	frecuencias		
	f(x)	x*f(x)	x <sup>2</sup> *f(x)
0	57	0	0
1	14	14	14
2	13	26	52
3	9	27	81
4	0	0	0
5	1	5	25
6	0	0	0
7	2	14	98
8	2	16	128
9	0	0	0
10	1	10	100
11	1	11	121
VARIANZA 4.6771			
MEDIA 1.23			

CUADRO A-5

FRECUENCIAS OBSERVADAS DE LARVAS DE *C. capitata* EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UNA Ha EN EL ESTRATO ALTO. FINCA MUJULIA, COLOMBA C.C. 1,991

No. de larvas (x)	frecuencias		
	f(x)	x*f(x)	x <sup>2</sup> *f(x)
0	21	0	0
1	3	3	3
2	2	4	8
3	4	12	36
4	1	4	16
5	0	0	0
6	10	60	360
7	0	0	0
8	11	88	704
9	6	54	486
10	7	70	700
11	3	33	363
12	3	36	432
13	5	65	845
14	5	70	980
15	0	0	0
16	6	96	1536
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	1	21	441
22	1	22	484
23	1	23	529
24	0	0	0
25	1	25	625
26	1	26	676
>27	8	248	0
VARIANZA = 1.4E+08 MEDIA = 9.6			

CUADRO A-6

FRECUENCIAS OBSERVADAS DE LARVAS DE *C. capitata* EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UNA Ha EN EL ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA C.C., 1,991.

No. de larvas (x)	frecuencias		
	f(x)	x*f(x)	x <sup>2</sup> *F(x)
0	80	0	0
1	0	0	0
2	2	4	8
3	5	15	45
4	0	0	0
5	4	20	100
6	2	12	72
7	0	0	0
8	3	24	192
9	0	0	0
10	1	10	100
11	1	11	121
12	2	24	288
VARIANZA = 8.2616 MEDIA = 1.2			

CUADRO A-7

FRECUENCIAS OBSERVADAS DE LARVAS DE *C. capitata* EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UN Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO ALTO. FINCA MUJULIA, COLOMBA C.C., 1,991.

No. de Larvas (x)	Frecuencia observada f(x)	x * f(x)	x <sup>2</sup> *f(x)
0	16	0	0
1	11	11	11
2	7	14	28
3	6	18	54
4	1	4	16
5	1	5	25
6	5	30	180
7	4	28	196
8	3	24	192
9	4	36	324
10	2	20	200
11	3	33	363
12	5	60	720
13	0	0	0
14	4	56	784
15	0	0	0
16	4	64	1024
17	2	34	578
18	2	36	648
19	1	19	361
20	2	40	800
21	1	21	441
22	0	0	0
23	0	0	0
24	1	24	576
25	3	75	1875
26	1	26	676
27	0	0	0
28	0	0	0
29	1	29	841
> 30	10	300	0
MEDIA	11.37		
VARIANZA	187.37		

CUADRO A-8

FRECUENCIAS OBSERVADAS DE LARVAS DE C. capitata EN EPOCA DE ALTA ABUNDANCIA DE HOSPEDERO EN UN Km<sup>2</sup> EN EL ESTRATO BAJO. FINCA LAS DELICIAS, COLOMBA C.C., 1,991.

LARVAS DE C. capitata (x)	frecuencias		
	f(x)	f(x) * X	x <sup>2</sup> * f(x)
0	60	0	0
1	10	10	10
2	8	16	32
3	9	27	81
4	2	8	32
5	4	20	100
6	1	6	36
7	1	7	49
8	5	40	320
MEDIA 1.68			
VARIANZA 12.776			



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 AGRONOMICAS

Ref. Sem.005-94

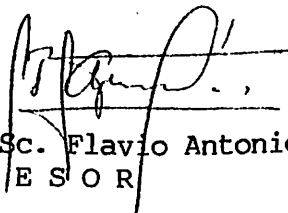
LA TESIS TITULADA: "DETERMINACION DEL PATRON DE DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA MOSCA DEL MEDITERRANEO (Ceratitis capitata Wied) EN EL CULTIVO DEL CAFE (Coffea arábica L.) EN DOS ALTITUDES DEL SUR-OCCIDENTE DE GUATEMALA"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: EDWIN MAURICIO RAMIREZ SANTOS

CARNET No: 86-14807

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Salvador Sánchez  
 Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

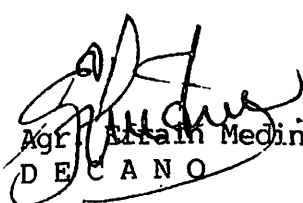
  
 Ing. Agr. M.Sc. Flavio Antonio Linares  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. Alvaro Hernández  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

  
 Ing. Agr. Estaim Medina Guerra  
 DECANO



c.c. Control Académico  
 Archivo  
 /prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01901 GUATEMALA, C. A.  
 TELEFONO: 769794 • FAX (5022) 769675