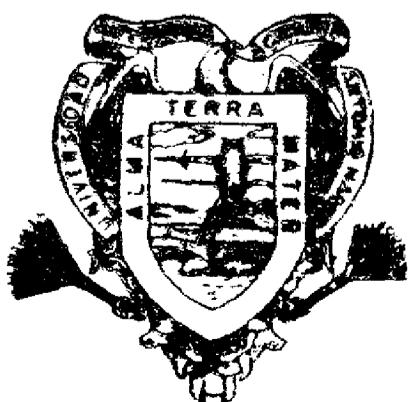


DISTRIBUCION ESPACIAL DE  
Anthonomus eugenii Cano

JOSE GUSTAVO TORRES MARTINEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

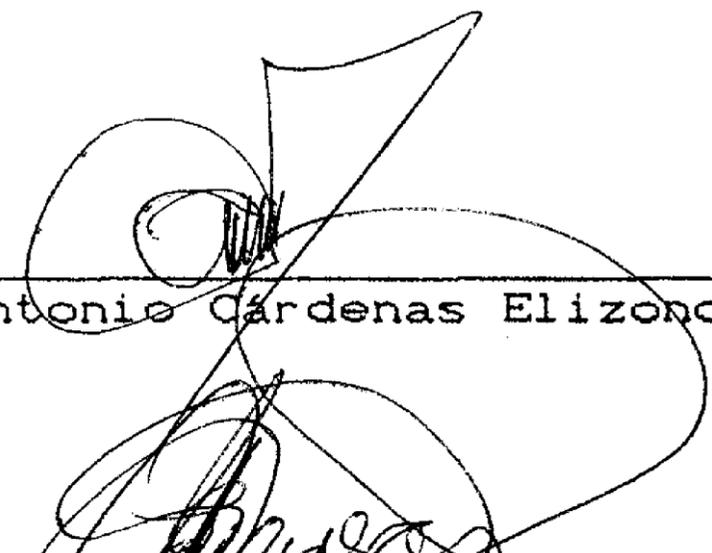
MAYO DE 1991

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular  
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar  
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN  
PARASITOLOGIA AGRICOLA

COMITE PARTICULAR

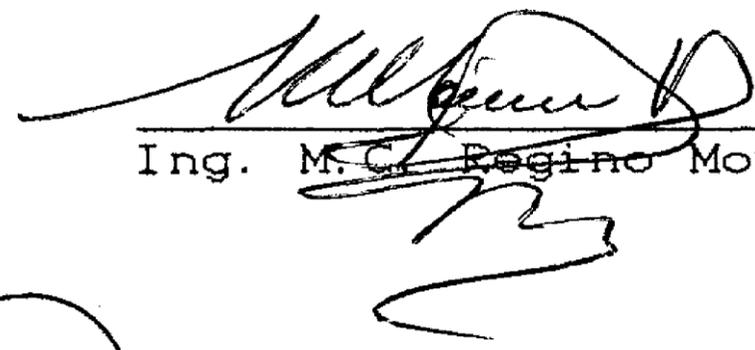
Asesor principal:

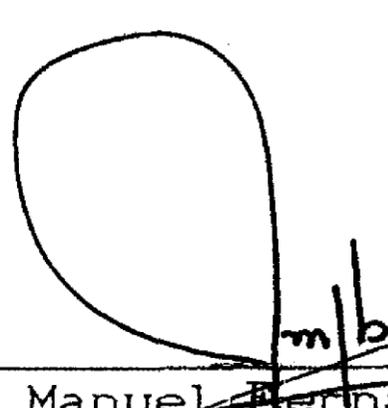
  
Ing. M. C. Antonio Cárdenas Elizondo

Asesor:

  
Ing. M. C. Eugenio Guerrero Rodríguez

Asesor:

  
Ing. M. C. Regino Morones Reza

  
Dr. José Manuel Hernández Brondo  
Subdirector de Asuntos de Posgrado

  
BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coah. Mayo de 1991

A mis padres:

José Torres Hernández  
Nila Martínez de Torres

A mis hermanos:

Julio César y Xóchitl  
Lilia del Carmen  
Amado Alejandro y Adriana

A mis sobrinos:

José Alejandro  
Sergio Adrián  
Julio César  
Adriana Raquel

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme dado la oportunidad de realizar estudios de postgrado.

Al Ing. Antonio Cárdenas Elizondo quien fungió como asesor principal y siempre se mostró interesado en el trabajo.

A los Ing. Eugenio Guerrero Rodríguez y Regino Morones Reza por sus valiosas sugerencias.

Al Dr. Mohamed H. Badii quien aportó ideas al iniciar el trabajo.

A los agricultores del ejido La Noria quienes dieron facilidades para que el trabajo fuera llevado a cabo.

COMPENDIO

Distribución Espacial de *Anthonomus eugeni* Cano.

POR

JOSE GUSTAVO TORRES MARTINEZ

MAESTRIA

PARASITOLOGIA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO 1991

M.C. Antonio Cárdenas Elizondo - Asesor -

Palabras claves: Distribución espacial, muestreo,  
chile, picudo del chile.

El chile es un cultivo importante en el estado de Coahuila, pero su producción se vé limitada por plagas entre las cuales destaca el picudo *Anthonomus eugeni* Cano.

Este trabajo se efectuó con los objetivos de conocer la distribución espacial del picudo y determinar un tamaño de muestra adecuado para estimar su densidad poblacional.

El patrón de distribución espacial se determinó por medio de índices, de los cuales el de Iwao resultó ser el más adecuado y para el tamaño de muestra se utilizó la fórmula de Iwao.

La distribución resultó ser agregada para las larvas y aleatoria para pupas y adultos. El tamaño de muestra óptimo es de 12 plantas.

ABSTRACT

*A. eugenii* Cano's spatial pattern

BY

JOSE GUSTAVO TORRES MARTINEZ

MASTER OF SCIENCE

PLANT PROTECTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MAY 1991

M. C. Antonio Cárdenas Elizondo - Asesor -

Key words: spatial pattern, sampling, pepper,  
pepper weevil.

The production of pepper in Coahuila state is limited by pests. The most important pest is the pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano.

This research has the following objectives: 1) to know the spatial pattern of pepper weevil and 2) to determine a sample size to value weevil's population.

The spatial pattern was determined by indices and sample size by Iwao's formula.

The pattern is contagious for the larvae and random for the pupas and adults. The sample size optimum are 12 plants.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS.....	ix
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
Biología y Hábitos.....	3
Distribución Espacial.....	4
Importancia de la Distribución Espacial.....	4
Tipos de Distribución Espacial.....	4
Causas de la Distribución Espacial.....	5
Determinación de la Distribución Espacial.....	6
Tamaño de Muestra.....	10
MATERIALES Y METODOS.....	12
Distribución Espacial.....	12
Tamaño de Muestra.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
Distribución Espacial.....	16
Índice de la Razón varianza/media.....	16
Índice de Green.....	19
Índice de Lloyd.....	21
Índice k de Binomial.....	23
Índice de Morisita.....	25
Índice de Iwao.....	28
Índice de Taylor.....	30
Asociación de índices con la media.....	36
Tamaño de Muestra.....	38
CONCLUSIONES.....	42
RESUMEN.....	43
LITERATURA CITADA.....	45
APENDICE .....	48

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
3.1.	Indices utilizados para determinar la distribución espacial de <i>A. eugeni</i> .....	14
4.1.	Indices de la razón varianza / media para <i>A. eugeni</i> .....	18
4.2.	Indices de Green para <i>A. eugeni</i> .....	20
4.3.	Indices de Lloyd para <i>A. eugeni</i> .....	22
4.4.	Indice k de la binomial negativa para <i>A. eugeni</i> .....	24
4.5.	Indice de Morisita para <i>A. eugeni</i> .....	25
4.6.	Indice de Iwao para <i>A. eugeni</i> .....	28
4.7.	Indice de Taylor para <i>A. eugeni</i> .....	31
4.8.	Comparación entre las distribuciones obtenidas para <i>A. eugeni</i> por medio de distintos índices.....	33
4.9.	Coeficientes r para las tres fases de desarrollo de <i>A. eugeni</i> .....	36
4.10.	Tamaño de muestra (número de plantas) en base a una media <i>a priori</i> para estimar la media poblacional de <i>A. eugeni</i> .....	39
A.1.	Individuos de <i>A. eugeni</i> por planta registrados el dos de agosto de 1989.....	49
A.2.	Individuos de <i>A. eugeni</i> por planta registrados el nueve de septiembre de 1989.....	50
A.3.	Individuos de <i>A. eugeni</i> por planta registrados el 17 de septiembre de 1989.....	51
A.4.	Individuos de <i>A. eugeni</i> por planta registrados el 23 de septiembre de 1989.....	52

A.5.	Individuos de <i>A. eugenii</i> por planta registrados el 30 de septiembre de 1989.....	53
A.6.	Individuos de <i>A. eugenii</i> por planta registrados el siete de octubre de 1989.....	54
A.7.	Individuos de <i>A. eugenii</i> por planta registrados el 14 de octubre de 1989.....	55
A.8.	Individuos de <i>A. eugenii</i> por planta registrados el 21 de octubre de 1989.....	56

## INTRODUCCION

En México, el cultivo del chile reviste especial importancia debido a que siempre ha formado parte de la dieta del mexicano. Además, su cultivo es una actividad generadora de empleos por la gran cantidad de jornales necesarios, principalmente para su cosecha.

En el Estado de Coahuila existen áreas como el municipio de Ramos Arizpe, donde el chile es el principal cultivo. En esta región los factores que afectan tanto el rendimiento como la calidad del fruto, son los daños ocasionados por plagas y enfermedades. Ambos se han agudizado en los últimos años llegando a causar siniestros.

Dentro del complejo de insectos plaga se encuentran la mosquita blanca (*Trialeurodes* sp.), el minador de la hoja (*Liriomyza* sp.) y el picudo o barrenillo del chile (*Anthonomus eugeni* Cano). Este último se ha presentado invariablemente año con año en toda la zona.

Para combatir al picudo, los agricultores recurren a los insecticidas y efectúan en ocasiones aplicaciones preventivas, en otras aumentan dosis, o bien mezclan productos. De continuar la situación pronto se presentarán casos de resistencia a dichos tóxicos.

A pesar de la magnitud del problema, no existen estudios a nivel local referentes a esta plaga, por lo que

se pone de manifiesto la necesidad de iniciar investigaciones sobre biología, ecología, umbral económico, etc., necesarias para un manejo integrado de plagas.

Para lograr lo anterior, es necesario contar con un plan de muestreo adecuado que sirva de base a estudios posteriores, por lo que los estudios de la distribución espacial de este insecto se contemplan como básicos para dicho aspecto.

Es por ello que en este trabajo se han planteado los siguientes objetivos: primero, conocer el patrón espacial que presenta *A. eugenti* y segundo, determinar el tamaño óptimo de muestra.

## REVISION DE LITERATURA

### Biología y Hábitos

Llanes (1980) reporta que la distribución del picudo comprende el sur de Estados Unidos, la República Mexicana y Centroamérica.

Avila (1986) señala que la hembra oviposita un promedio de tres huevecillos diarios, en un orificio hecho en el pericarpio del fruto con su aparato bucal y la probosis. El huevecillo tarda en eclosionar un promedio de dos días. El mismo autor también indicó que la larva tarda en desarrollarse seis días y que en este período se alimenta de las semillas cristalinas del carpelo. Respecto a las pupas estableció su duración de cuatro de días.

Avila (1986) también mencionó que los adultos se aparean inmediatamente después de emerger y la oviposición puede ocurrir en las 24 horas siguientes. Así mismo, señala que se alimentan del fruto y de las hojas en las cuales dejan oquedades circulares.

Según Avila (1986) el picudo se presenta al iniciar la floración del cultivo, por lo que, su fecha de aparición varía de acuerdo a la región. Así por ejemplo, Velazco (1965) afirma que aparece en el mes de mayo para la región de Celaya, Guanajuato; mientras que Llanes (1980) reporta la detección de su presencia en el mes de julio

para Apodaca, Nuevo León. En el primer caso alcanzó su pico poblacional más alto en julio y para el segundo en agosto. Ambos autores coinciden en que las poblaciones declinan cuando la planta ya no posee flores ni frutos pequeños, y también en que su período de invernación inicia al ocurrir la primera helada.

Orlando y Reyes (1985) señalan al "trompillo" *Solanum eleagnifolium* Cav. como la hospedera silvestre favorita.

### Distribución Espacial

#### Importancia de la Distribución Espacial

Burrage y Gyrisco (1954) indicaron que la utilidad de un procedimiento de muestreo para poblaciones de insectos es una función de la precisión de la estimación derivada de una muestra. Para lograr esto último, Southwood (1978) afirma que es necesario el entendimiento de la distribución espacial de insectos plaga. Taylor (1984), coincide con esto, pero agrega también que tiene interés fundamental ya que se pueden conocer las respuestas en el comportamiento de una población. Ya anteriormente, Clark y Evans (1955) la habían sugerido como una herramienta para conocer la tasa de expansión de mutaciones genéticas o de una epidemia.

#### Tipos de Distribución Espacial

Generalmente, los patrones espaciales de las poblaciones biológicas están clasificados en las siguientes tres categorías de acuerdo a Odum (1972): al azar, regular y agregado.

### Distribución al azar o aleatoria

Pielou (1969) llama un patrón al azar, cuando los individuos son asignados independientemente y al azar en los sitios habitables disponibles. Para que esto pueda darse en la naturaleza, se necesita que todo el espacio tenga exactamente las mismas condiciones de habitabilidad y total independencia entre los individuos de la población (Rabinovich, 1980).

### Distribución regular o uniforme

Cuando los individuos muestran entre sí una interacción negativa, en un medio físico que es constante a lo largo del patrón, se presenta la disposición regular o uniforme (Rabinovich, 1980).

Odum (1975) considera que la distribución uniforme es infrecuente en la naturaleza; pero Rabinovich (1980) afirma que ello no es así y que puede deberse a métodos de muestreo no adecuados.

### Distribución agregada, apiñonada o de contagio.

Según Rabinovich (1980) la disposición agregada o contagiosa es la que resulta cuando no se cumplen, una o ambas condiciones de la distribución al azar; pero se requiere que la interacción sea positiva.

### Causas de la Distribución Espacial

Clark y Evans (1955) señalaron a la heterogeneidad ambiental y métodos particulares de reproducción como los factores más importantes que determinan el tipo de distribución.

Ultimamente, se ha intentado dar una sola explicación a la distribución espacial, pero poco progreso se ha obtenido debido al sesgo en las medidas (Downing, 1986).

Por un lado, Anderson *et al* (1982) afirman que los patrones dependen del balance dinámico entre los parámetros de la población, como por ejemplo, tasa de natalidad, proporción de edades, etc.; pero como éstos dependen de las condiciones ambientales fluctuantes, las tendencias en el arreglo serán producto del habitat y estrategia reproductiva. Por otra parte, Taylor (1984) presenta evidencia de que este fenómeno puede cambiar en el mismo habitat y sin ninguna modificación demográfica; por lo que, el comportamiento será la principal causa de la distribución espacial.

Más recientemente Downing (1986) indica que las diferencias ambientales, los factores demográficos y el método estadístico pueden jugar una parte en el patrón.

#### Determinación de la Distribución Espacial

Según Waters (1959), anteriormente se recomendaba hacer una comparación estadística entre los conteos observados, de una muestra preliminar, y los valores esperados derivados de una serie teórica con características conocidas. Las más comunes para ser ajustadas a conteos de insectos son: Poisson, binomial positiva, logarítmica, lognormal, Neyman tipo A y binomial negativa. Las tres primeras son al azar y las otras son

agregadas.

Sin embargo, a bajas densidades de población todas las distribuciones tienden a la Poisson, por lo que la distribución de frecuencias observadas puede o no revelar el verdadero arreglo de la población (Morris, 1960). Debido a esto, Waters (1959) advertía que las distribuciones de frecuencias no deben ser usadas como instrumentos analíticos en ecología.

Actualmente está más extendido el uso de "índices de agregación", tales como la razón varianza/media, el de Green, el índice de hacinamiento de Lloyd, el parámetro  $k$  de la distribución binomial negativa, el de Morisita, el de Iwao y el de Taylor. Una ventaja de éstos, es que permiten cuantificar la desviación de las condiciones de aleatoriedad y determinan la distribución espacial sin necesidad de recurrir a pruebas de bondad de ajuste a distribuciones teóricas (Rabinovich, 1980).

Estos índices pueden estar basados en métodos de muestreo que cuantifiquen, distancias entre individuos, animales por volumen dado o conteos por unidad natural de muestra. Estos últimos son los más utilizados, ya que los otros son más difíciles de obtener (Reed, 1983), aunque, ecológicamente sean más rigurosos (Taylor, 1984).

#### Razón varianza/media

Este índice está basado en una propiedad de la distribución Poisson donde la varianza es igual a la media (Rabinovich, 1980). Es decir, esta razón será igual a uno

si los datos provienen de la distribución mencionada. Sin embargo, se han identificado situaciones donde la distribución espacial no es al azar y la razón es igual a uno (Reed, 1983). Por lo que se le ha cuestionado como medida de agregación (Taylor, 1984).

Parámetro  $k$  de la distribución binomial negativa

Fisher (1963) señala que la distribución Poisson es obtenida como un límite cuando el parámetro  $k$  de la distribución binomial negativa tiende a infinito, pero si  $k$  tiende a cero, esta última se aproxima a la serie logarítmica. Por esto, Waters (1959) lo propone como una medida válida de agregación. Así mismo establece, que los valores de  $k$  pueden ir desde cero cuando la agregación es extrema, hasta infinito cuando los valores corresponden a una distribución al azar.

El valor de  $k$  puede obtenerse mediante tres métodos (Anscombe 1949; Bliss y Fisher 1953):

a) basado sobre los primero y segundo momentos

$$k = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}}$$

Donde:  $\bar{x}$  = media muestral  
 $s^2$  = varianza muestral

b) la estimación requerida será la que iguale:

$$\log(N/n_0) = k \log\left(1 + \frac{\bar{x}}{k}\right)$$

Donde:  $N$  = total de unidades muestrales  
 $n_0$  = número de unidades muestrales vacías

c) por máxima verosimilitud

$$\Sigma \left( \frac{Ax}{x+k} \right) = N \ln(1 + m/k) \text{ Donde: } Ax = \text{suma de unidades muestrales mayores de } \bar{x}$$

$m = \text{media}$

Los dos primeros métodos tienen la ventaja de ser fáciles y rápidos. Su eficiencia está condicionada a los valores que pueda tomar  $m$  (Anscombe, 1949).

#### Índice de Morisita

Morisita (1962) afirma que este índice es independiente de la media y asume que los organismos se encuentran distribuidos en agregados de diferentes densidades; y en cada agregado, la distribución es al azar. Según Taylor (1984) este índice fue hecho para eliminar el efecto del tamaño del cuadrante sobre la medida de agregación.

#### Índice de hacinamiento de Lloyd

Lloyd (1967) propuso un "índice de hacinamiento" como la razón de la aglomeración media a la densidad media, y lo interpretó como las veces que un individuo está aglomerado con respecto a la población si tuviera distribución al azar. De acuerdo con Taylor (1984) esto es un brillante intento por relacionar la distribución espacial al comportamiento denso - dependiente.

#### Índice de Taylor

Taylor (1961) demostró que en poblaciones naturales la varianza está relacionada con la media por una ley de poder la cual expresó como:  $s^2 = am^b$ . Donde  $s$  es la varianza,  $m$  es la media y  $a$  y  $b$  son parámetros que se

pueden estimar mediante una regresión entre la media y la varianza de algunas muestras. Señala que  $b$  es un índice de agregación continua, que va desde regular cuando  $b$  tiende a cero, hasta altamente agregado cuando  $b$  tiende a infinito. Advierte además, que esta ley puede perder validez a bajas densidades.

Anderson *et al* (1982) explicaron que las variaciones de  $b$  se debían a características demográficas de las especies, pero Taylor (1984) rechazó esta teoría. Sin embargo la cuestión no se ha resuelto.

#### Otros índices

Se han propuesto otros índices como el de Iwao (1968) el cual es una regresión que relaciona la media con la media aglomerada. Todos ellos son menos utilizados pero no menos válidos, ya que no existe un índice adecuado a todos los casos (Rabinovich, 1980).

#### Tamaño de Muestra

Un aspecto importante en el muestreo de poblaciones de insectos, es la determinación del número de muestras requeridas para estimar densidades dentro de un nivel de probabilidad y precisión (Roberts *et al*, 1982).

Morris (1960) menciona que esta determinación debe hacerse considerando una distribución óptima de los recursos disponibles. Esto debido a que los recursos son casi siempre limitados y porque en los muestreos extensivos, especialmente para estimar la necesidad de un control, generalmente se asigna un grado aceptable de

precisión dependiendo de las consecuencias que acarrearía tomar una decisión equivocada.

Según Ruesink y Kogan (1982) el criterio usual es que la estimación de la densidad media estará dentro del 20% del verdadero valor. Estos mismos autores aconsejan que el número requerido de muestras  $N$  puede ser estimado por la ecuación:  $N = 25t^2 am^{b-2}$  en la que  $t$  es el valor de la  $t$  de Student al nivel de .05;  $m$  es la media y  $a$  y  $b$  son parámetros por estimar. Esto se puede hacer de la misma manera que al estimar el índice de Taylor.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el lote de un agricultor cooperante ubicado en el ejido "La Leona", municipio de Ramos Arizpe, Coah.; y en el laboratorio de entomología del Departamento de Parasitología de la U. A. A. A. N.

Las labores agrícolas fueron las acostumbradas por los productores de la región, excepto las aplicaciones de insecticidas dirigidas al picudo.

El tipo de chile sembrado fue serrano de la variedad "Tampiqueño 74".

Para determinar la distribución espacial, el lote se dividió en ocho cuadrantes de 7.20 x 6.75 m. Cada uno con ocho surcos. En cada cuadrante se etiquetaron cinco plantas escogidas arbitrariamente. Estas se numeraron del uno al 40 considerándolas como tamaño de muestra preliminar. Cada planta constituyó una unidad muestral.

Semanalmente se revisaron cuidadosamente las plantas en orden ascendente, para contar el número de adultos por planta. También se colectaron en cada planta los frutos con daño de picudo y se depositaron en bolsas de polietileno, numeradas del uno al 40, correspondientes a las plantas muestreadas.

En el laboratorio, se disectaron los frutos de cada bolsa por separado y se registró el número de larvas, pupas y adultos que había en cada planta. En los frutos donde no se encontró ningún individuo, pero se observaba un hoyo de emergencia, se registró como un adulto.<sup>1</sup>

Se logró realizar ocho muestreos, los cuales se suspendieron al no existir individuos en ninguna de las fases de desarrollo de *A. eugeni*.

La distribución espacial se determinó por medio de índices para cada fase de desarrollo y para larvas y pupas juntas que se denominó como "etapa inmadura". Los utilizados se muestran en el Cuadro 3.1. Después se seleccionó el mejor índice para lo cual se tomó en cuenta el requisito emitido por Green (1966) de que se tuviera poca influencia de la media sobre el valor del índice. Para saber esto, se corrió una prueba de correlación entre los valores de cada índice y sus respectivas medias.

#### Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra se obtuvo de acuerdo con la fórmula correspondiente al índice que resultara ser el mejor. Esto debido a que las fórmulas empleadas para tal fin, siempre requieren los parámetros obtenidos al determinar la distribución espacial.

1. Debido a que el hoyo se considera indicativo de la presencia del adulto. Sugerencia del Ph.D. M. H. Badii U.A.N.L.

Cuadro 3.1. Indices utilizados para determinar la distribución espacial de *A. eugenii* U. A. A. N. 1989

Indice y prueba de significancia

Donde

$$\text{Razón varianza-media} = \frac{v}{m}$$

v = varianza

m = media

> 1 Agregada

= 1 Al azar

< 1 Uniforme

$$\chi_c^2 = \frac{v}{m} (n-1)$$

n = número de unidades muestrales

$\chi_c^2$  = ji cuadrada calculada

$$Cx = \frac{\frac{v}{m} - 1}{\sum x - 1}$$

Cx = Indice de Green

$\sum x$  = Suma de todos los individuos en la muestra

> 0 Agregada

= 0 Al azar

< 0 Uniforme

$$\chi_c^2 = [Cx(\sum x - 1)(N - 1)] + (N - 1)$$

N = número de unidades muestrales

$$m^* = m + \left(\frac{v}{m} - 1\right)$$

$m^*$  = media de hacinamiento de Lloyd

$$k = \frac{m^2}{v - m}$$

k = parámetro k de la distribución binomial negativa

$$I_s = \frac{\sum_{i=1}^N n_i(n_i - 1)}{n(n-1)} \quad (N)$$

$I_s$  = Indice de Morisita

N = número de cuadrantes o de unidades muestrales

Cuadro 3.1. ....continuación

Indice y prueba de significancia	Donde
>1 Agregada =1 Al azar <1 Regular	$n_i$ = número de individuos en el cuadrante o en la unidad muestral $i$ $F_c = F$ calculada $n$ = número de individuos en todas las unidades muestrales
$F_c = \frac{I_s(n-1) + N - n}{N - 1}$	
$\log v = \log \alpha + \beta \log m$ > 1 Agregada = 1 Al azar < 1 Uniforme	$\alpha$ = intercepto $\beta$ = índice de Taylor $m$ = media
$t_c = \frac{\beta - 1}{E.E. \beta}$	$E.E.$ = error estándar de $\beta$ $t_c$ = $t$ de Student calculada
$*m = \alpha + \beta m$ > 1 Agregada = 1 Al azar < 1 Uniforme	$\alpha$ = intercepto $\beta$ = índice de Iwao $*m$ = media de hacinamiento
$t_c = \frac{\beta - 1}{E.E. \beta}$	

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Distribución Espacial

En este apartado primero se discutirán los resultados por separado para cada índice y después se hará una comparación entre todos ellos.

En el año durante el cual se realizó el presente trabajo, la población del picudo no fue alta y la más alta densidad del ciclo se registró en la tercer fecha de muestreo. A partir de entonces, la población disminuyó paulatinamente hasta ya no encontrar individuos. Las primeras en desaparecer fueron las larvas, después las pupas y finalmente los adultos, que seguramente entraron en diapausa.

Todo lo anterior puede observarse en los Cuadros del Apéndice (A1 - A8), los cuales contienen los individuos capturados en cada muestreo y por fase de desarrollo. Además se tuvo como consecuencia, que para las larvas se lograran seis muestreos, siete para pupas y ocho para los adultos. Es decir, en la misma secuencia en que fueron desapareciendo.

### Razón varianza / media

Este índice considera a los organismos como distribuidos al azar cuando su valor es estadísticamente igual a uno. Cuando dicho valor es mayor o menor que la

unidad, los individuos están distribuidos en forma agregada o regular respectivamente.

De acuerdo al criterio anterior, se obtuvieron 13 valores que muestran agregación (marcados con asterisco) y los demás corresponden a una distribución al azar. Esto sin considerar la etapa inmadura, ya que ésta abarca larvas y pupas (Cuadro 4.1).

De los 13 valores mencionados seis correspondieron a la fase larvaria y ya que esta última cantidad también corresponde a los muestreos en los que hubo larvas, se puede decir que, esta fase mantuvo un patrón agregado a lo largo del trabajo.

El patrón espacial de las pupas sí tuvo cambios, los cuales fueron entre aleatorio y agregado. El primero se registró en las dos primeras fechas, ya que la prueba de significancia consideró a los valores obtenidos en dichos muestreos como iguales a uno. Después ocurrió lo contrario, es decir, los dos siguientes valores fueron diferentes de uno y por lo tanto agregados. En seguida se volvió a la situación inicial y durante el mismo tiempo. Finalmente tuvieron un patrón de contagio.

Según este índice las pupas tienen un patrón más bien aleatorio, puesto que de los siete valores obtenidos cuatro correspondieron a una distribución al azar por ser iguales a uno. Las agregaciones obtenidas pudieron deberse al efecto producido cuando una mayoría de larvas se convertía en pupas.

Cuadro 4.1. Indices de la razón varianza/media para *A. eugenii*. UAAAN. 1989

Fase de desarrollo	Fechas de muestreo							
	Ago 2	9	17	Sep 23	30	7	Oct 14	21
Larvas	2.90*	1.55*	4.02*	1.70*	1.91*	1.43*		
	<sup>1</sup> 113.1	60.45	156.7	66.3	74.49	55.8		
Pupas	1.07	0.47	1.71*	3.47*	1.30	1.29	1.43*	
	<sup>1</sup> 41.73	18.33	66.69	135.3	50.7	50.31	55.84	
Inmadura	2.04*	1.75*	8.07*	4.17*	1.48*	1.22		
	179.56	68.25	314.73	162.6	57.72	47.58		
Adultos	2.02*	0.68	3.53*	2.23*	2.97*	0.99	0.42	1.12
	<sup>1</sup> 78.78	26.52	137.67	86.97	115.83	38.61	16.38	43.68

\*Significativamente diferente de 1 de acuerdo con la prueba de  $\chi^2$ .  $05(39)=55.8$ . <sup>1</sup>=Valores de  $\chi^2$

Al analizar las dos fases anteriores en su conjunto (inmadura), solamente el siete de octubre se obtuvo un valor correspondiente a un patrón aleatorio por ser igual a uno. En todas las demás fechas anteriores se obtuvieron índices que fueron significativamente diferentes de uno (agregados). Aparentemente se tiene un efecto de agregación cuando la etapa inmadura se analiza como una sola fase de desarrollo. Esto probablemente debido a que aumenta el número de individuos por muestra, y si el índice es dependiente de la media, se produce una agregación.

De los ocho muestreos realizados para adultos, en la mitad de ellos se obtuvieron índices que muestran una distribución al azar (por ser iguales a uno); uno de los cuales (el obtenido el nueve de septiembre), está en medio

de índices que muestran agregación (diferentes de uno), por lo que la disposición de los adultos también estuvo cambiante.

En la fase anterior no se detectó ninguna tendencia clara y los cambios pueden ser debidos al movimiento de los adultos dentro del cultivo, ya que éstos tienen bastante movilidad entre plantas (observación personal).

### Índice de Green

Este índice tiene un criterio similar al anterior, pero la prueba de significancia se hizo con respecto al cero como lo indica su autor (Green, 1966).

En este caso también se obtuvieron 13 valores diferentes de cero (con asterisco en el Cuadro 4.2) y todos corresponden a una distribución de contagio. Los otros valores del índice reflejan una distribución de contagio y por tal motivo tampoco se presentó la distribución regular.

Los resultados obtenidos para larvas también se observan en el Cuadro 4.2. Igual que con la razón varianza/media, las larvas siempre estuvieron agregadas, ya que todos los valores correspondientes a dicha fase fueron significativamente mayores que cero.

Mediante este índice también se puede ver que las pupas también estuvieron alternando los patrones aleatorio y agregado. Este último se presentó en dos fechas de septiembre (el 17 y el 23) y el 14 de octubre. Los otros valores obtenidos para las pupas fueron estadísticamente iguales a cero, o sea que muestran un patrón al azar.

Aunque se comenzó y terminó con patrones distintos, puede decirse que las pupas están distribuidas aleatoriamente, puesto que esta fue la distribución que mostraron la mayor parte del tiempo.

Cuadro 4.2. Indices de Green para *A. eugeni* UAAAN 1989

Fase de desarrollo	Fecha de muestreo							
	Ago 2	Ago 9	Sep 17	Sep 23	Sep 30	Oct 7	Oct 14	Oct 21
Larvas	0.15*	0.01*	0.06*	0.04*	0.08*	0.07*		
	<sup>1</sup> 113.13	60.60	159.13	66.38	76.64	55.84		
Pupas	0.01	0.02	0.01*	0.06*	0.01	0.01	0.07*	
	<sup>1</sup> 41.97	18.61	66.69	135.56	50.71	50.44	55.84	
Inmadura	0.05*	0.01*	0.05*	0.05*	0.01*	0.00		
	<sup>1</sup> 79.87	68.48	314.48	162.5	57.66	47.77		
Adultos	0.01*	-0.01	0.03*	0.01*	0.03*	0.00	-0.01	0.00
	<sup>1</sup> 79.01	22.66	137.90	86.97	115.85	38.61	16.60	43.97

\*Significativamente diferente de 0 de acuerdo con la prueba de  $X^2$ .  $05(39)=55.8$ .  $1=$ Valores de  $X^2$

En este momento cabe hacer notar, que en el Cuadro 4.2 se tienen valores exactamente iguales, pero algunos de estos corresponden a una agregación y otros a una aleatoriedad. Tal es el caso de los muestreos realizados el dos de agosto y el 17 de septiembre para las pupas. Esto es debido a que los otros decimales de dichos valores, y que no se anotan en el Cuadro, ya no son iguales y fueron determinantes para que la prueba de significancia considerara a la cifra total como igual o diferente de cero.

Igual que en el índice anterior, en la etapa inmadura sólo se obtuvo un valor igual a cero y por lo tanto una sola distribución al azar. En las demás fechas sí se tuvo diferencias de cero y por consiguiente agregaciones. Con este método también se produjo agregación al analizar los estados inmaduros en su conjunto.

Quizás sería factible utilizar la razón varianza / media o el índice de Green para estudios de tipo ecológico de larvas y pupas, y considerarlos como una sola etapa ya que se tienen los mismos resultados.

Respecto a los adultos, en la mitad de las fechas estuvieron agregados (valores marcados como significativamente diferentes de cero) y en la otra mitad distribuidos al azar (los demás valores en el Cuadro 4.2). Dichos patrones se obtuvieron exactamente en las mismas fechas que al utilizar la razón varianza / media, de modo que tampoco se detecta una tendencia clara en la distribución.

En el Cuadro 4.3 se observan los índices de Lloyd obtenidos para las fases de desarrollo y adultos de *A. eugeni*.

Este índice carece de prueba de significancia (lo cual es una desventaja) y su valor se interpreta como el número promedio de individuos que rodean a cada individuo.

Si se observan los índices de las larvas se vé que el 17 de septiembre cada larva estaba rodeada, en promedio, por otras cuatro larvas en cada planta. Esto coincide con

las observaciones hechas en campo, respecto a bajas densidades (como se anotó al principio del presente capítulo); ya que cuatro larvas por planta es una población bastante baja tratándose del picudo del chile. En las otras fechas se tuvo una aglomeración aún más baja.

Cuadro 4.3. Indices de Lloyd para *A. eugeni* UAAAN 1989

Fase de desarrollo	Fecha de muestreo								
	Ago 2	9	Sep 17	23	30	Oct 7	14	21	
Larvas	2.22	1.30	4.29	1.15	1.21	0.60			
Pupas	0.27	1.06	2.51	3.50	0.85	0.76	0.60		
Inmadura	1.57	2.18	10.9	4.64	1.33	0.87			
Adultos	4.25	2.90	4.53	3.30	4.70	0.64	1.09	0.52	

Para el caso de las pupas, se nota un claro aumento en la aglomeración y que alcanza el máximo de tres individuos una semana después que las larvas alcanzaron el suyo. El 30 de septiembre el valor del índice era 0.85, o sea, cada pupa estaba rodeada por menos de un individuo (otra pupa) en promedio. Después la situación fue similar hasta que ya no hubo pupas.

Para el tercer caso (los estados inmaduros), el aumento en la agregación fue aún más notorio, pues cada individuo llegó a rodearse hasta por otros diez (el 17 de

septiembre). A partir de entonces hubo disminución en el valor del índice, lo que significa que los individuos comenzaron a aislarse unos de otros debido a la disminución en la población.

Los adultos mostraron una cierta estabilidad que permaneció del primero al quinto muestreo, pues cada adulto estaba rodeado por dos a cuatro individuos; adultos también. En los tres últimos muestreos sólo había individuos aislados.

Este índice demuestra que al final de la temporada ya casi no había individuos (Cuadro A8). Esto es porque al finalizar el ciclo, la planta ya sólo tenía frutos maduros y el picudo no se reproduce en éstos, lo que provocó que abundaran las muestras vacías.

Sin embargo, lo anterior, también hace pensar que este índice es muy dependiente de la media muestral, por lo que se deberá esperar a lo que dicte la prueba de correlación.

#### Índice $k$ de la binomial negativa

De acuerdo con la interpretación de Waters (1959), puede decirse que las larvas mostraron una agregación casi extrema puesto que los índices siempre estuvieron muy cercanos al cero (Cuadro 4.4). Con las pupas no ocurre cosa semejante ya que en dos muestreos se tienen patrones aleatorios.

Al analizar juntas las dos fases anteriores, se observó que en el primer muestreo se tuvo agregación y en

los dos siguientes aleatoriedad. Después se volvió a la agregación y en las últimas fechas hubo un patrón aleatorio. Estos cambios no van a la par de las larvas, las cuales estuvieron siempre agregadas, y es posible que hayan

Cuadro 4.4. Indices  $k$  para *A. eugentii* UAAAN 1989

Fase de desarrollo	Fecha de muestreo							
	Ago 2	9	17	Sep 23	30	7	Oct 14	21
Larvas	0.21	-0.26	0.42	-0.18	-0.14	-0.05		
Pupas	-0.01	1.74	2.51	-0.73	-0.12	-0.10	-0.05	
Inmadura	0.20	-1.87	3.57	0.46	1.76	2.86		
Adultos	-1.63	1.50	0.78	-1.14	-1.81	0.00	0.76	-0.04

estado muy influenciados por los cambios en la densidad poblacional.

Los adultos no parecen ser muy diferentes de las pupas debido a que su distribución parece ir de agregada a ligeramente aleatoria.

Puede notarse lo difícil de la interpretación de este parámetro como medida de agregación y aún cuando se supiera cuáles son los que corresponden a una distribución binomial negativa (característica de agregaciones) no se tienen pruebas de que los picudos se distribuyen así.

### Indice de Morisita

Este índice utiliza el número uno como referencia para determinar el tipo de distribución espacial. El criterio es el mismo que para la razón varianza / media.

Con este método sólo se obtuvieron siete distribuciones agregadas al considerar cada etapa por separado (sin inmadura). Esto contrasta bastante con los índices anteriores, pues aquí en la mayor parte de los muestreos, se detectaron distribuciones aleatorias.

Cuadro 4.5. Indices de Morisita para *A. eugeni* UAAAN 1989

Fase de desarrollo	Fecha de muestreo							
	Ago	Sep					Oct	
	8	8	17	22	29	7	14	21
Larvas	1.43 1 <sup>1</sup> 1.88	1.04	1.54* 4.88	1.20	1.21	0.76	0.79	
Pupas	2 1 <sup>1</sup> 2	1.36* 2.36	0.98	1.26* 2.53	0.86	1.30	0.761	0.79
Inmadura	1.14 1 <sup>1</sup> 1.40	1.19* 2.58	0.05 -17.92	1.17* 2.47	0.79	1.14	1.50	
Adultos	1.07 1 <sup>1</sup> 1.64	1.69* 3.77	1.27* 4.11	1.29* 4.45	1.41* 4.53	0.88	1.01	1.33 1.71

\*Significativamente diferente de 1 de acuerdo con prueba de F. 05(7, )=2.01 1=Valores de Fc

Lo anterior es particularmente notorio en el caso de las larvas (Cuadro 4.5), pues justamente en esta fase, que en casos anteriores había sido la más agregada, sólo se obtuvo un valor significativamente diferente de uno, y que

equivale a una distribución agregada. Esta corresponde al 17 de septiembre. Como se puede ver en el Cuadro A1, en esta fecha se obtuvo la media muestral más alta, lo cual pudo haber influido en la significancia del índice. En todas las demás fechas hubo aleatoriedad.

De manera similar a otros índices, sólo hubo dos fechas, en las que las pupas tuvieron un patrón de contagio. Estas fueron el nueve y el 23 de septiembre; es decir una semana antes y una después que las larvas tuvieran la misma disposición. En esos dos muestreos, también se obtuvieron dos de las medias muestrales más altas. Sin embargo, el 17 de septiembre, (cuando se registró la media más grande) hubo una disposición aleatoria.

Lo anterior puede quedar explicado si se observan los datos de individuos capturados en los muestreos efectuados en las fechas mencionadas en el párrafo anterior (Cuadro A2, A3 y A4). El 17 de septiembre, aunque hubo mayor población, los datos están distribuidos en forma más uniforme que en las fechas anterior y posterior. Esto quiere decir, que el nueve y el 23 del mes en cuestión, unas muestras tenían bastante más individuos que otras (esto es, agregación), probablemente debido a que antes del 17 estaban arribando los picudos y posteriormente comenzó a desaparecer. Esto último es un hecho, que se puede constatar al revisar los datos de campo (Apéndice ).

En la siguiente etapa considerada (inmadura) también se registraron sólo dos distribuciones de contagio y en las mismas fechas que para las pupas. Los índices correspondientes (significativamente diferentes de uno) fueron los de mayor valor en esta fase conjunta. Los restantes fueron estadísticamente iguales a uno y por eso son equivalentes a una distribución aleatoria. Como se vé, los inmaduros en conjunto resultaron eminentemente aleatorios, por lo que es posible que las larvas sean las que determinan el patrón espacial en la etapa inmadura. O bien ésto depende del índice.

De los índices obtenidos para adultos, resultaron estadísticamente diferentes de uno (agregación) todos los registrados en septiembre. Los demás fueron aleatorios y se obtuvieron en los otros meses.

Durante septiembre, los adultos pudieron haber permanecido agregados para buscar alimento u ovipositar y dar origen a la generación invernante. Después emigraron y por eso ya no se registraron apiñonamientos.

Es particularmente notorio, que en cualquiera de las fases de desarrollo los contagios se obtuvieron en el mes de septiembre. En este mes se registraron las poblaciones más altas, lo que refuerza la hipótesis de que las densidades jugaron un papel muy importante al determinar la distribución espacial.

### Indice de Iwao

Con este método se tuvieron aún menos fechas de agregación con respecto al índice anterior, pues hubo solamente ocho de éstas. En todos los demás muestreos se obtuvieron números iguales a la unidad (estadísticamente) e indicativos de distribuciones aleatorias.

De las siete agregaciones mencionadas, la mayoría correspondieron a las larvas, de modo que únicamente hubo una distribución aleatoria en esta fase de desarrollo. Dicha distribución se registró el nueve de septiembre. El valor correspondiente a esta fecha fue el más bajo de la fase larvaria y no fue significativamente diferente de uno. Por lo tanto y según Iwao, las larvas son agregadas.

Cuadro 4.6. Indices de Iwao para *A. eugeni* U. A. A. N. 1989

Fase de desarrollo	Fecha de muestreo							
	Ago 2	Ago 9	Sep 17	Sep 23	Sep 30	Oct 7	Oct 14	Oct 21
Larvas	5.18*	1.67	2.93*	2.55*	3.25*	8.55*		
	<sup>1</sup> 9.27	0.89	4.13	2.53	3.63	4.14		
Pupas	1.06	0.84	4.38	3.83*	2.52	4.61	3.30*	
	<sup>1</sup> 0.22	-0.23	2.09	2.79	2.25	1.52	3.67	
Inmadura	1.47	0.82	1.17	0.16	0.32	0.35		
	<sup>1</sup> 0.92	0.71	0.63	-2.73	-4.16	-3.39		
Adultos	6.13	2.52*	1.86	1.57	1.85	8.31	1.99	0.79
	<sup>1</sup> 2.40	3.72	1.63	1.59	0.88	1.94	2.01	-0.38

\*Significativamente diferente de 1 de acuerdo con la prueba de  $t. 05/2,6=2.45$ . <sup>1</sup>=Valores de  $t_c$

Con respecto a las pupas, estas estuvieron agregadas solamente en dos ocasiones: el 23 de septiembre y el 14 de octubre. En todas las demás fechas, la prueba de significancia consideró iguales a uno a los demás valores del índice, por lo que durante la mayor parte del tiempo las pupas estuvieron distribuidas aleatoriamente. En este último aspecto, este índice no difiere de los demás.

En la fase de desarrollo referida como inmadura, no hubo ningún patrón agregado, ya que todos los números (valores del índice) fueron estadísticamente iguales a uno. Con esto se considera como aleatoria la distribución de esta etapa.

Aunque las larvas son agregadas (según este índice) este hecho no se reflejó al analizar larvas y pupas como una sola etapa. Es evidente que al contabilizar larvas y pupas juntas, la media es mayor que si se contabilizaran por separado. Esto da indicios de que este índice no está muy influido por la media. Es posible que al contabilizar los inmaduros como se señala, el número de individuos por planta haya tendido a uniformizarse (sin llegar a ser una distribución regular), lo que disminuyó bastante el grado de apiñonamiento hasta llegar a ser una distribución al azar.

Biológicamente, la distribución aleatoria de la inmadura (si esto es lo correcto) significa que en cualquier lugar del cultivo se tiene la oportunidad de encontrar algún estado inmaduro.

La distribución de los adultos estuvo exactamente a la inversa de las larvas. O sea que se tuvo un solo patrón agregado en la misma fecha que las larvas tuvieron la única aleatoria (el primer muestreo de septiembre). En las otras siete fechas, todos los valores del índice fueron estadísticamente iguales a uno o sea aleatorios.

Si este índice es el más adecuado, la única agregación obtenida pudo haber sido el resultado de una emergencia de adultos.

#### Índice de Taylor.

Por medio de este índice se registró el menor número de agregaciones para todas las fases anotadas en el Cuadro 4.7, las cuales fueron siete. Todos los demás muestreos mostraron distribuciones aleatorias, por lo que ninguna de las fases de desarrollo tiene como patrón característico el agregado (Cuadro 4.7).

Cabe aclarar que el índice de Taylor tiene la misma prueba de significancia que el de Iwao y obedece a la misma regla de decisión.

Las larvas tuvieron agregaciones al principio y al final del ciclo (Cuadro 4.7). Los demás valores que no fueron significativamente diferentes de uno se sucedieron del nueve al 23 de septiembre.

Los índices correspondientes a las pupas siempre estuvieron muy cercanos a la unidad y sólo uno fue estadísticamente diferente de la misma, de modo que sólo se detectó una distribución de contagio en la última fecha

Cuadro 4.7. Indices de Taylor para *A. eugeni* UAAAN 1989

Fase de desarrollo	Fecha de muestreo							
	Ago 2	9	17	Sep 23	30	7	Oct 14	21
Larva	2.58*	1.14	1.44	1.74	1.94*	1.65*		
	<sup>1</sup> 6.45	0.25	1.76	2.24	4.48	3.29		
Pupa	1.03	0.86	2.09	1.66	1.42	1.11	1.65*	
	<sup>1</sup> 0.28	-0.38	0.95	1.88	1.81	0.64	3.29	
Inmadura	4.28	3.10*	16.47	1.64	1.00	2.18*		
	<sup>1</sup> 1.75	2.77	1.43	1.53	0.02	3.86		
Adulto	1.63	1.91*	1.71	0.97	2.04	1.06	1.54	0.82
	<sup>1</sup> 1.66	9.77	2.13	0.04	1.85	0.18	1.64	-0.62

\*Significativamente diferente de 1 de acuerdo con prueba de  $t. 05/2,6=2.45$ . <sup>1</sup>=Valores de  $t_c$

donde hubo pupas.

En inmadura hubo dos patrones de contagio. En los otros muestreos de esta fase, aunque hubo valores mayores que los correspondientes a los agregados, la prueba de significancia no los consideró diferentes de uno y se consideraron como patrones aleatorios. Aquí no se presentó ningún efecto de agregación al analizar larvas y pupas juntas. Según parece, este efecto no se presenta si ambos estados inmaduros tienen una distribución espacial al azar, como en este caso.

Los adultos fueron los únicos que se mostraron agregados únicamente en una fecha. Esta fue el nueve de septiembre. Aunque el valor correspondiente resultó significativamente diferente de uno, esta agregación puede considerarse como ligera ya que dicho valor no difiere

mucho de los otros que fueron iguales a uno.

Es evidente la gran disparidad que existe entre todos los índices. Los únicos plenamente coincidentes son el de Green y la razón varianza-media. Esto era de esperarse pues se calculan de manera muy similar y tienen la misma prueba de significancia (Cuadro 4.8).

Otra diferencia notoria entre los índices consiste en que el índice de la razón varianza / media posee un valor que arriba y abajo del cual, hay y no hay diferencia significativa de los valores obtenidos respecto al uno. Por el contrario, los otros índices tienen valores que son significativos y otros aún mayores que no los son. Esta diferencia radica en la prueba de significancia que se le hace a cada índice, ya que la razón varianza / media posee una prueba que es una multiplicación directa, y las pruebas de los otros índices son fórmulas en las que intervienen varias variables, y a veces el valor obtenido de dichas fórmulas es menor que el tabulado y en consecuencia no hay significancia aunque el índice sea muy grande.

A primera vista se observa la ausencia de la distribución del tipo regular. Esta era difícil de obtener, porque implica competencia o rechazo, y esto último no ha sido reportado para esta especie.

La ausencia de agregación por parte de las pupas, puede deberse al método de muestreo. Como éste consistió en hacer cortes semanales de frutos, las larvas ahí encontradas no podían pasar a la fase de pupa, ya que eran

individuos que se eliminaban y por lo tanto las pupas siempre se hallaban en cantidades muy bajas y aisladas, lo que equivale a una aleatoriedad.

Los índices que se mencionan en los dos patrones y en una misma fase significa que no tuvieron una tendencia

Cuadro 4.8. Comparación entre las distribuciones obtenidas para *A. eugeni* por medio de distintos índices. U. A. A. A. N. 1989

Tipo	Fase de desarrollo			
	Larva	Pupa	Inmadura	Adulto
Agregada	Green Razón v/m k Iwao	k	Green Razón v/m k	Green Razón v/m k Morisita
Al azar	Morisita Taylor	Morisita Taylor Iwao Green Razón v/m	Morisita Iwao Taylor	Morisita Taylor Iwao Green Razón v/m

clara. Por ejemplo, si se observa el cuadro correspondiente al índice de Morisita (Cuadro 4.5), se puede decir que la distribución de los adultos va de aleatoria a ligeramente agregada.

Esta poco clara tendencia de los adultos, y que se vio reflejada en todos los índices, es muy posible que se deba al movimiento de los adultos y las "ligeras" agregaciones sean el resultado de emergencias.

Si se les compara por fase de desarrollo, se tiene que Iwao, Green y la razón varianza-media coinciden en

mostrar a las larvas como agregadas. Con los índices de Taylor y Morisita resultaron estar distribuidas al azar. Es probable que, como menciona Taylor (1961), la ley de poder pierda validez a bajas densidades de población, pero no se pudo decir que éstas sean inseparables de distribuciones al azar como este mismo autor lo consigna, ya que dos de las agregaciones larvales encontradas por su método correspondieron a las fechas en que la población estaba desapareciendo.

El hecho de que la razón varianza-media y Green hayan determinado agregación para las larvas a todo lo largo del trabajo, conduce a pensar que estos índices no son tan dependientes de la media, pues es evidente que la densidad poblacional no fue la misma durante el ciclo.

Por otra parte, es notorio el hecho de que todos los índices coinciden en que las pupas, están la mayor parte del tiempo distribuidas en forma aleatoria, la cual puede tomarse como la distribución característica de esta fase. Cabe hacer notar aquí, que las pupas ocupan exactamente el mismo habitat que las larvas, así que se esperaba que ambas tuvieran la misma distribución espacial; sin embargo, no ocurrió así. De esta manera se contradice a la teoría de que el habitat determina el patrón de disposición, al menos en este trabajo.

En lo referente a la fase que se denominó como inmadura los índices parecen estar más definidos. Con esto se quiere decir que la razón varianza / media y el de

Green mostraron a esta fase como agregada casi todo el tiempo, mientras que los otros índices las definieron como distribuidas aleatoriamente. Se puede afirmar que analizando a las larvas y pupas en su conjunto se tendrán menos cambios en el tipo de distribución a través del tiempo.

En lo que se refiere a los adultos, de nuevo, Morisita, Green y la razón varianza-media coinciden de modo general, pues mediante estos tres índices se determina que la fase en cuestión posee dos tipos de patrón; presentándose el aleatorio al final del trabajo. Las fórmulas de Iwao y Taylor coinciden en todo el ciclo, ya que en un solo muestreo se encontró agregación. Ambos métodos consisten en una regresión, más no puede ser esta la causa de su coincidencia, ya que no sucede esto con la fase larvaria.

El único índice que muestra a los adultos más agregados que las larvas es el de Lloyd. Puede verse claramente en el Cuadro 4.4 que las medias de agregación son mayores en los adultos que en larvas. En esta fase se observa además que los números no sobrepasan, excepto uno, la cantidad de individuos que generalmente se puede encontrar en un fruto; lo que explicaría porqué, según este índice, los adultos están más agregados que en las otras etapas biológicas.

Todos estos índices se seleccionaron tomando en cuenta que son los que más se utilizan. Pero habrá de ser

el grado de influencia, que sobre ellos tenga la media lo que finalmente decida cuál es el más apropiado a este caso.

En el Cuadro 4.9 se observan los coeficientes de correlación  $r$  que muestran el grado de asociación entre los índices y sus respectivas medias muestrales.

Cuadro 4.9. Coeficientes  $r$  para las tres fases de desarrollo de *A. eugeni*. U. A. A. A. N. 1989

Fase	Índice						
	v/m	Green	Lloyd	k	Is	Iwao	Taylor
Larva	0.70**	-0.39*	0.83**	0.51**	0.48**	-0.56**	-0.54**
Pupa	0.07 <sub>NS</sub>	-0.26 <sub>NS</sub>	0.61**	0.24 <sub>NS</sub>	-0.14 <sub>NS</sub>	0.07 <sub>NS</sub>	0.27 <sub>NS</sub>
Inmadura	0.94**	0.50 <sub>NS</sub>	0.97**	0.59 <sub>NS</sub>	-0.86*	0.28 <sub>NS</sub>	0.91**
Adulto	0.43**	0.19 <sub>NS</sub>	0.79**	-0.19 <sub>NS</sub>	0.47**	-0.05 <sub>NS</sub>	0.78**

\*\* significativamente diferente de 0. y NS no significativo de acuerdo a la t. 05(n-2)g.l.

Para el caso de la fase larvaria, todos los índices se encuentran correlacionados con la media. Por esto es difícil asegurar cuál es el que verdaderamente refleja la distribución espacial de las larvas. Sin embargo, es necesario seleccionar uno y el más adecuado es el de Green por ser el que posee el menor coeficiente de correlación. Es necesario observar que éste es negativo, lo cual significa que a menor densidad el índice puede indicar mayor agregación.

En lo que toca a las pupas, es la razón varianza-media el menos influido, seguida muy de cerca por el índice de Iwao. En esta etapa, la prueba de correlación no mostró una asociación significativa entre las variables mencionadas.

Pero la razón puede ser la misma que se dio para explicar la diferencia entre los patrones de larvas y pupas.

En el siguiente análisis (inmadura) los índices de Green, el parámetro  $k$  y el de Iwao no estuvieron significativamente asociados con la media, mientras que la razón varianza / media, el índice de hacinamiento de Lloyd y la ley de poder de Taylor están altamente asociados. Dado que Iwao posee el coeficiente de correlación más bajo, éste índice es el más apto para usarse en otros estudios. Además, convendría utilizarlo en la forma que se hizo en este trabajo; o sea, tomar larvas y pupas como una sola fase puesto que para la fase larvaria todos los índices estuvieron significativamente asociados con la media muestral.

Para los adultos, resultaron con significancia la razón varianza - media, Lloyd, Morisita y Taylor. En el caso contrario quedaron Green, el parámetro  $k$  e Iwao. Este último tiene el coeficiente más bajo y también es negativo. En esta última etapa, pudo haber influido el hecho de que se tomara el hoyo de emergencia como un adulto, aunque como técnica de muestreo sea válido.

De acuerdo con esta prueba, es claro que el índice de Taylor no es independiente de la media como se ha afirmado (Taylor, 1984), y por lo tanto no se le puede utilizar en cualquier caso, sólo porque su uso está muy difundido, ya que obviamente no sirve para todos.

La distribución al azar del adulto que muestra Iwao quedaría explicada, como se dijo, por el comportamiento de búsqueda de los frutos pequeños (para oviposición o alimento) ya que al picudo no se le conoce ningún hábito gregario. Por su parte, las larvas dependerán de las oviposiciones del adulto debido a que éstas no tienen capacidad de movimiento. Si se conociera el arreglo que tienen los huevecillos, es muy probable que su grado de agregación resulte similar al de las larvas.

#### Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra ( $w$ ) se obtuvo de acuerdo con la fórmula descrita por Iwao y Kuno (1968):

$$w = (t^2/D^2)[((\alpha+1)/m)+\beta-1]$$

Donde  $t$  es el valor de la  $t$  de Student (1.64 para un 90% de confiabilidad),  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros del modelo de Iwao que se estimaron tomando en cuenta a todas las unidades de muestreo y  $D$  es la precisión (se considera un .1 y .25 para trabajos de investigación y extensión respectivamente). En el Cuadro 4.10 se tienen los tamaños de muestra tanto para larvas como para adultos. No se realizó uno para pupas, ya que con las muestras tomadas para larvas también se detectan las pupas dado que ocupan

el mismo habitat. Para este tipo de muestreo debe conocerse *a priori* la media, que es la que se desea estimar, por lo tanto debe tomarse una muestra preliminar. (López, 1990). Ya con la media así obtenida se podrá determinar el tamaño de muestra correspondiente a dicha media, según se ve en el Cuadro 4.10

Cuadro 4.10 Tamaño de muestra (número de plantas) en base a una media *a priori* para estimar la media poblacional de *A. eugeni*.

media	Larvas <sup>1</sup>		Adultos <sup>2</sup>	
	0.1 <sup>3</sup>	0.25	0.1	0.25
1	695	111	451	72
2	481	77	248	39
3	410	65	180	28
4	375	60	146	23
5	353	56	125	20
6	339	54	112	18
7	329	52	102	16
8	321	51	95	15
9	316	50	89	14
10	311	49	85	13
20	289	46	64	10
40	279	44	54	8

1.  $a=0.5856$  y  $b=-0.00121$  2.  $a=5148$  y  $b=1.1651$

3 nivel de precisión

Se ve fácilmente que el tamaño de muestra para adultos siempre es menor que para larvas. Esto se debe a que el número de adultos siempre fue mayor que el de larvas; y es claro que la media influye sobre la muestra.

En el año durante el cual se realizó este trabajo, hubo baja población de picudo debido a que no se hicieron cortes y los primeros frutos llegaron a la madurez, y

puesto que el picudo no oviposita en frutos maduros, la situación evitó que este insecto se siguiera reproduciendo. Sin embargo, en un ciclo normal es posible encontrar más de diez adultos por planta. En el Cuadro 4.10 se ve que cuando se tengan diez adultos por planta deberán muestrearse 13 plantas, siempre y cuando sea para fines de extensionismo, como los muestreos para decidir aplicaciones. Por extrapolación, 12 plantas constituyen un tamaño de muestra adecuado cuando la media es superior a diez.

Tratándose del picudo del chile, no se puede tomar una muestra *a priori* ya que esta plaga debe combatirse en cuanto se detecte su presencia. Por lo tanto, es preferible utilizar el tamaño de muestra arriba sugerido para detectar su presencia. Es decir, muestrear en cuanto se sepa que llegará el picudo e independientemente de cual pudiera ser la media *a priori*. Esto como se dijo, para fines de extensionismo, pero para trabajos de investigación, en donde se requiere mayor exactitud en las estimaciones de una población, si es preferible guiarse por el Cuadro 11. Se recomienda que el muestreo para adultos se haga inspeccionando la planta completa. Esto representa una buena inversión en tiempo y esfuerzo, pero es la manera más confiable ya que si se extrajeran otras partes de la planta, (como flores o frutos) los individuos no permanecerían en éstas al cortarlas debido a su alta movilidad.

Ahora bien, el tamaño de muestra aquí determinado proviene de un lote de aproximadamente  $1250\text{m}^2$  y por conversión a una hectárea resulta que se deben tomar 96 plantas, lo cual puede ser bastante tardado. Para solucionar esto sería conveniente que el grupo de doce plantas estén en un solo surco y la inspección se haga en forma visual y simplemente reportando la presencia o ausencia del picudo. Los lugares para muestrear deberán estar distribuidos aleatoriamente ya que esa es la distribución que guarda el adulto.

También sería conveniente realizar un estudio donde se determine hasta qué superficie puede ser cubierta con el número de muestras aquí mencionado.

Para trabajos de investigación, tanto para larvas como para adultos, queda a criterio de la persona el número de plantas a muestrear, ya que esto es dependiente del tiempo y recursos disponibles. Pero es preferible que dicho número sea lo más aproximado a lo expuesto en el Cuadro 4.10 También es recomendable hacer un estudio de la distribución intraplanta que guardan larvas y pupas de *A. eugeni*. Si ésta no es muy variable, se puede tomar como unidad muestral el fruto, y no toda la planta como se hizo aquí. Esto ahorraría tiempo y esfuerzo.

## CONCLUSIONES

- 1.- La distribución espacial de *A. eugenii* es agregada para larvas y pupas y aleatoria para adultos.
- 2.- El índice más adecuado para estudiar la distribución espacial del picudo fue el de Iwao.
- 3.- El tamaño de muestra más adecuado es de 12 plantas para la fase adulta y en trabajos de extensión. Para este fin se deberán tomar 96 plantas por hectárea.

## RESUMEN

En el Estado de Coahuila, el cultivo del chile se explota en el municipio de Ramos Arizpe, donde la producción del cultivo se ve limitada principalmente por plagas y enfermedades; entre las primeras destacan la mosquita blanca (*Trialeurodes sp.*), el minador de la hoja (*Liriomiza sp.*) y el picudo *Anthonomus eugenii* Cano. Este último es controlado bajo el criterio de los propios productores debido a que se carece de estudios que conlleven a un manejo integrado de esta plaga.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario contar con un plan de muestreo adecuado que sirva de base a estudios posteriores, por lo cual este trabajo tuvo como objetivos: conocer la distribución espacial del picudo del chile y determinar el tamaño de muestra óptimo.

Se escogió un lote de chile el cual se dividió en ocho cuadrantes. Se etiquetaron 40 plantas divididas entre los cuadrantes; y de estas cada semana se registraron adultos larvas y pupas; por medio de colectas de los frutos dañados. Para conocer el tipo de distribución espacial se recurrió a índices, de los cuales se escogió el que estuviera menos asociado con la media muestral. Esto se hizo por medio de un prueba de correlación. El tamaño de muestra se determinó por medio de la fórmula de Iwao.

El índice seleccionado fue el de Iwao, según el cual, *A. eugenii* se encuentra agregado en la fase larvaria y distribuido al azar cuando se encuentra como pupa y adulto.

El tamaño de muestra óptimo es de doce plantas para trabajos de extensión.

## LITERATURA CITADA

- Anderson, R.M., Gordon, D.M., Crawley, M.J., and Hassell, M.P. 1982. Variability in the abundance of animal and plant species. *Nature* 296 : 245-248.
- Anscombe, F.J. 1949. The statistical analysis of insects counts based on the negative binomial distribution. *Biometrics* 5 : 167-173.
- Avila, V.J. 1986. Aspectos de la biología de *Anthonomus eugeni* Cano (Col : Curculionidae) en Chile serrano. XXI Congreso Nacional de Entomología.
- Bliss, C.I. and R.A. Fisher. 1953 Fitting the negative binomial distribution to biological data. *Biometrics* 9 : 176-200.
- Burrage, R.H. and G.G. Gyrisco. 1954. Distribution of third instar larvae the european chafer and the efficiency of various sampling units for estimating their population. *J. Econ. Entomol.* 47 : 1009-1014.
- Clark, P.J. and F.C. Evans. 1955. On some aspects of spatial pattern in biological populations. *Science* 121 : 397-398.
- Downing, J.A. 1986. Spatial heterogeneity: envolved behaviour or mathematical artefact? *Nature* 323 : 255-257.
- Fisher, R.A. 1963. Note on the efficient fitting of the negative binomial. *Biometrics*. 9 : 197 - 200
- Green, R.H. 1966. Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Res. Popul. Ecol.* 8 : 1-7
- Iwao, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Popul. Ecol.* 10 : 1-20
- \_\_\_\_\_ y E. Kuno. 1968. Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. *Res. Popul. Ecol.* 10: 210-214.

- López, C.J. 1990. Disposición espacial intraplanta (entre vainas) de *Apion godmani* Wagner (Coleoptera : Curculionidae). Boletín No.6 Soc. Mex. Entomol. 21-24
- Llanes, L.S.A. 1980. Dinámica poblacional del picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano, en un cultivo de chile serrano *Capsicum annum* Linn. en el Mezquital, Apodaca, N. L. Tesis Lic. U. A. N. L.
- Lloyd, M. 1967. Mean crowding. J. Anim. Ecol. 36 : 1-30
- Morisita, M. 1962. Application of  $I_s$ -Index to sampling techniques. Res. Popul. Ecol. 6 : 43-53
- Morris, R.F. 1960. Sampling insects populations. Ann. Rev. of Entomol. 5 : 243-264.
- Odum, E.P. 1972. Ecología. 3a. Ed. Ed. Interamericana. Philadelphia 640 pp.
- Orlando, T.L. y Reyes, B.L. 1985. Hospederas alternantes, preferencias y cría masiva del barrenillo del chile *Anthonomus eugenii* Cano. XX Congreso Nacional de Entomología.
- Pielou, E.C. 1969. An introduction to mathematical Ecology. John Wiley and Sons. New York. 286 pp.
- Rabinovich, J.E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. 1a. ed. CNEB-CECSA. México. 313 p.
- Reed, W.J. 1983. Confidence estimation of ecological aggregation indices based on counts-A robust procedure. Biometrics 39 : 987-998.
- Roberts, S.J., R.D. Paush, R.J. Barney and E.J. Ambrust. 1982. Effect of spatial distribution on determining the number of samples required to estimate populations of *Hipera postica*, *Sitona hispidulus* and *Hypera punctata* for specified probability and accurancy levels. Envir. Entomol. 11 : 444-451
- Ruesink, W.G. and M. Kogan. 1982. The quantitative basis of pest management. Sampling and measuring. pp. 309-351 In: Metcalf and W.H. Luckman (eds.). Introduction to insect pest management. John Wiley and Sons. Inc. New York. USA. 587 p.

- Southwood, T.R.E. 1978. Ecologicals methods with particular reference to the study of insect populations. Chapman and Hall. London, England. 524 p.
- Taylor, L.R. 1961. Agregation, variance and the mean. Nature 189 : 732-735.
- 
- \_\_\_\_\_ 1984. Assesingand interpreting the spatial distributions of insect populations. Ann. Rev. Entomol. 29 : 321-357
- Velazco, P.H. 1965. Fluctuación de la población de *Anthonomus eugenii* Cano, efectividad de varios insecticidas y reacción a diferentes variedades de chile a su ataque. V Congreso Nacional de Entomología.
- Waters, W.E. 1959. A quantitative measure of agregation in insects. J. Econ. Entomol. 52 : 1180-118

APENDICE  
CUADROS DE REGISTROS DE DATOS DE CAMPO

Cuadro A.1. Número de individuos\* de *A. eugeni* por planta registrados el nueve de agosto de 1989.

Planta	Larvas	Pupas	Adultos
1			
2			1
3			
4	1		5
5			1
6			2
7	5		
8			
9			
10			
11			1
12	1		
13			2
14			
15			
16			
17			
18		1	4
19	3		4
20		1	
21			
22			
23	2		
24			8
25			
26			1
27		1	3
28			
29			1
30		2	3
31		1	
32	1	1	
33			
34		1	4
35			5
36			10
37			
38			
39			2
40			1
$\Sigma$	13	8	58
x	0.325	0.2	3.222

\* En éste y en los cuadros siguientes los espacios vacíos equivalen a cero individuos.

Cuadro A.2. Número de individuos de *A. eugenii* registrados por planta el nueve de septiembre de 1989.

Planta	Larva	Pupa	Adulto
1	5	2	3
2		2	3
3	2	1	
4	1	3	
5		1	
6	1	2	
7	1	2	
8			
9	1		
10		1	
11			
12	1		
13			
14	3	2	
15	1	1	
16	3		
17			
18		1	
19			
20			
21	2		
22		1	
23			1
24		1	3
25			
26			
27			
28	2		
29	1		
30	1	1	2
31		1	
32			
33			
34	1		6
35		4	3
36	1		
37	1		
38	1	1	5
39			
40			
40	1		3
$\Sigma$	30	27	29
$\bar{x}$	0.75	1.588	3.222

Cuadro A.3. Individuos de *A. eugenii* por planta registrados el 17 de septiembre de 1991.

Planta	Larva	Pupa	Adulto
1		1	12
2	1	1	1
3	2	4	7
4	1	1	3
5			
6		1	3
7	5	7	1
8			1
9	2	1	
10	1	1	2
11	2	3	1
12	1	2	
13		1	
14	4	1	7
15	1	1	
16		4	
17	2	4	1
18		2	1
19	1	2	3
20		1	
21		2	5
22			4
23	1	7	2
24		1	3
25			
26		2	1
27			
28			
29			
30	1	3	1
31			1
32	3	2	
33	2		
34	13	3	7
35		2	3
36	2	4	5
37		4	
38	2	1	4
39	1	2	
40	3	1	1
$\Sigma$	51	72	80
x	1.275	1.8	2

Cuadro A.4. Individuos de *A. eugeni* por planta registrados el 23 de septiembre de 1989.

Planta	Larva	Pupa	Adulto
1		5	7
2			3
3		2	7
4			
5	1		4
6	1		
7	4	10	2
8			
9			
10		1	4
11		2	4
12			
13			
14			7
15			4
16		2	3
17		1	3
18		3	3
19			2
20	1	1	3
21		3	6
22	1		3
23	2	4	3
24	1	1	
25			3
26	1	1	
27			
28			
29		1	
30		1	1
31			2
33			
34	3		3
35	1	1	
36			2
37			2
38	1	1	2
39	1	1	
40			
$\Sigma$	18	41	83
$\bar{x}$	0.45	1.025	2.075

Cuadro A.5. Individuos de *A. eugenii* por planta registrados el 30 de septiembre de 1989.

Planta	Larva	Pupa	Adulto
1	1	1	2
2			
3			1
4			
5			3
6	3		
7			
8			
9		1	4
10		1	
11		1	1
12			
13			
14		3	13
15			6
16		1	2
17		3	7
18	2		
19			
20			
21			2
22	1	2	2
23			3
24			4
25		1	
26			
27	3	0	1
28	1	1	1
29			
30			1
31			2
32		1	1
33			
34			
35		2	
36			1
37	1	2	1
38		1	1
39		1	1
40			
$\Sigma$	12	22	60
x	0.3	0.55	2.727

Cuadro A.6. Individuos de *A. eugenii* por planta registrados el siete de octubre de 1989.

Planta	Larva	Pupa	Adulto
1			
2		2	2
3		1	1
4	2	1	1
5			
6			
7		2	2
8			
9			
10	1		1
11			1
12		1	2
13			
14		3	1
15		2	
16		1	
17			1
18			
19		1	
20		2	3
21			2
22			
23			
24			1
25			1
26			
27		1	1
28			
29	1		1
30			1
31			2
32			
33	2		
34		1	1
35			1
36			
37			
38		1	
39			
40	1		
$\Sigma$	7	19	26
$\bar{x}$	0.175	0.475	0.65

Cuadro A.7. Individuos de *A. eugenii* por planta registrados el 14 de octubre de 1989.

Planta	Larva	Pupa	Adulto
1			1
2		1	1
3			
4			2
5			
6			
7		2	3
8			3
9			
10			
11			
12			2
13			2
14			1
15			
16			1
17			
18			
19			1
20		1	1
21		1	
22			
23			1
24			1
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			3
35			1
36			2
37			
38		2	3
39			
40			
$\Sigma$		7	30
x		0.175	1.666

Cuadro A.8. Individuos de *A. eugenii* por planta registrados el 21 de octubre de 1989.

Planta	Larva	Pupa	Adulto
1			
2			
3			1
4			
5			
6			
7			2
8			
9			
10			2
11			
12			1
13			
14			1
15			1
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			2
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			1
37			
38			1
39			1
40			2
$\Sigma$			16
x			0,4