

# Plan de muestreo secuencial de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en Calabozo estado Guárico, Venezuela

Sequential sampling plan for the rice bug, *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) in the culture of rice in Calabozo Guárico State, Venezuela

Luis E. VIVAS C. <sup>1</sup> y Armando NOTZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Agrícolas del Guárico, INIA-Calabozo. Edo, Guárico, Venezuela. y <sup>2</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay. Edo. Aragua. Venezuela  
E-mails: lvivas@inia.gov.ve, lvivas18@yahoo.es y anotz@cantv.net  Autor para correspondencia

Recibido: 17/04/2009  
Primera revisión recibida: 23/09/2009

Fin de primer arbitraje: 27/06/2009  
Aceptado: 20/10/2009

## RESUMEN

Se realizaron estudios en campos de arroz con riego ubicados en parcelas del sistema de riego Río Guárico y en la estación experimental del INIA-Guárico entre los años 2005 y 2007. El objetivo de este trabajo fue: desarrollar un plan de muestreo secuencial en el cultivo de arroz para la chinche vaneadora del arroz, *Oebalus insularis* Stal., (Hemiptera: Pentatomidae) en Calabozo estado Guárico, utilizando información proveniente del estudio de su fluctuación poblacional, daños y umbral económico de daño. Para ello, se estimó el plan de muestreo secuencial utilizando los procedimientos de Wald e Iwao. La técnica de muestreo utilizada para adultos de *O. insularis*; consistió en el uso de la malla entomológica con un tamaño de muestra de 5 pases dobles. Se aplicó el umbral económico durante la fase de maduración del cultivo. Para la toma de decisiones y producto de la validación de ambos métodos se detuvo el muestreo en 4 muestras, lográndose un incremento en la eficiencia del muestreo en aproximadamente 60 %.

**Palabras clave:** Arroz, manejo de plagas, plan de muestreo secuencial, procedimiento de Wald, procedimiento de Iwao

## ABSTRACT

Studies were conducted at irrigated growing areas of rice located at Río Guárico irrigation system and Guárico experimental station, Calabozo, Venezuela between the years 2005 and 2007. The objective was: to develop a sequential sampling plan for the Rice bug, *Oebalus insularis* (Hemiptera: Pentatomidae), using information like, to study population dynamics and damage to the crop. A sequential sampling plan, using Wald and Iwao methods was calculated. The efficiency of the sampling procedure was incremented in at least 60 %.

**Key words:** Rice, management of insects, sequential sampling plan, Wald's procedure, Iwao's procedure.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es el más importante del mundo puesto que alimenta las dos terceras partes de la población. En América Latina y el Caribe se siembran 6,7 millones de hectáreas con una producción total de 26,4 millones de toneladas, siendo los principales países productores: Brasil con 49,7%, Colombia con 9,8%, Perú con 9,3%, Argentina con 3,9% y Venezuela con un 3,6% (FAOSTAT, 2006; F.A.O, 1995,1998; Pérez, 1999). En este último país, el cultivo se realiza en un 90% en los estados Portuguesa y Guárico con pequeños aportes de Barinas y Cojedes. La mayor producción y área sembrada en la década de los noventa, se alcanzó en 1991 con una superficie de 152.838 hectáreas y

una producción de 665.000 Tn, con un rendimiento promedio de 4,4 Tn/ha (Adams *et al.*, 1990; Salas, 1991 y 1994; Sánchez, 1995). Por otra parte, el Ministerio de Agricultura y Cría (MAC) indica que la producción de arroz para 1995 ascendió a 774.975 Tn (MAC, 1996 a y b; Vivas *et al.*, 2002).

El conocimiento de los insectos plaga asociados al arroz, al igual que en otros cultivos, representa una información de vital importancia, si se considera que estos pueden incidir sobre los rendimientos e incrementar los costos de producción a través de las medidas que hay que instrumentar para su control. Mundialmente el método de control más utilizado es el químico, sin que se consideren otras medidas alternas (CIAT, 1989) y la situación en

Venezuela no escapa a esta característica.

A nivel mundial las plagas del arroz destruyen cerca del 35% de la producción, siendo un 12% por los insectos, 10% por las malezas, 12% por los patógenos y 1% por los vertebrados que se alimentan del grano y dañan tallos (Tascón y García, 1985; Pantoja *et al.*, 1997); Por esto, es importante el estudio de las principales plagas que afectan al cultivo y su manejo como una forma de prevenir o aminorar los efectos dañinos que estas generan. En el país, el complejo de insectos plagas al arroz es muy similar en todas las zonas productoras, aunque en el Estado Guárico, los daños son mayores por su relación con la enfermedad “Hoja blanca” transmitida por la sogata, *Tagosodes orizicolus*, especie que además, en altas poblaciones causa el llamado daño mecánico al cultivo con las consiguientes mermas en el rendimiento (Blanco *et al.*, 1973; Blanco y González, 1974; Castillo, 1978; Vivas, 1992, 1997a, 1999; Vivas y Clavijo, 2000).

Tradicionalmente se han venido reportando como plagas principales al barredor *Spodoptera frugiperda*, la sogata *Tagosodes orizicolus* y las chinches vaneadoras del genero *Oebalus* (Vivas, 1997a).

En los últimos años se ha hecho más importante el problema entomológico, debido al aumento de las poblaciones de la mosca *Hydrellia* sp y la chinche marrón, *Tibraca limbativentris*, plagas que venían comportándose como secundarias (Aponte *et al.*, 1992; FONAIAP, 1999; FONAIAP, 2000).

Durante el año 1995, Cermeli reporta como nueva plaga al “trips del arroz”, *Stenchaetothrips biformis* Bagnall, causando daños significativos en zonas aledañas al sistema de riego Río Guárico - Calabozo durante la época de verano y al final del período de invierno (FONAIAP, 1995); y en el año 2000, hace su aparición un chinche de la familia Miridae causando daños en los primeros días de establecimiento del cultivo, identificado por Vivas *et al.*, (2005) como *Trigonotylus tenuis* Reuter (1893) (FONAIAP, 2000; 2001).

Los cambios en las magnitudes de las poblaciones y el número de especies de insectos plagas esta relacionado al carácter dinámico de la fauna insectil de cualquier agroecosistema. Esto justifica un adecuado manejo del problema entomológico, a través del uso de las nuevas

tecnologías (FONAIAP, 1992; Vivas, 1997a).

Entre las plagas más importantes del arroz bajo riego se encuentra la chinche vaneadora del arroz, *Oebalus* spp. de la familia Pentatomidae. Tanto los adultos como ninfas causan daños al alimentarse de la panícula. Los granos al ser succionados pueden quedar total o parcialmente vacíos o quebrarse en el momento del molinado, lo cual ocasiona pérdidas en el rendimiento y mala calidad del grano. (Daza, 1991; Vivas, 1997b).

En otras partes del mundo, existe gran cantidad de información sobre planes de muestreo secuencial para diversas plagas de importancia económica en distintos cultivos como: sorgo, maíz, soya, col, tomate, pimentón, plantas forestales entre otros (Boivin y Vincent, 1983; Clavijo, 1993; Fohner, 1981; Harcourt, 1966a; Harcourt, 1966b; Iwao, 1968; Iwao, 1975; Pantoja *et al.*, 1997; Pieters, 1978; Sevacherian y Stern, 1972; Southwood, 1978; Shepard y Grothusen, 1984; Shepard *et al.*, 1988; Reissig *et al.*, 1985; Robles e Izaguirre, 1998; Robles e Izaguirre, 1999; Trumper, 2004; Trumper *et al.*, 2006).

El método del muestreo secuencial permite tomar una decisión con una reducción significativa en el número de muestras requeridas. Con la información bioecológica de la plaga, se pueden determinar procedimientos mas apropiados. En opinión de Bouvin y Vincent (1983), el procedimiento de Iwao posee tres ventajas:

1. No requiere de un modelo matemático teórico aproximado a la distribución espacial del insecto.
2. La media poblacional es evaluada en relación al umbral económico y no a un intervalo arbitrario.
3. El muestreo se detiene cuando se conoce la media de la población muestreada y el nivel de error.

Sin embargo, el procedimiento escogido utiliza recursos que pueden ser usados más eficientemente. Dado que el tiempo que se emplea en el muestreo representa uno de los principales problemas asociados con la determinación de dicho programa; el empleo del método de muestreo secuencial representa una alternativa sistemática atractiva. La reducción significativa en los costos es otro argumento importante que puede ser usado para convencer a los productores de seguir utilizando los programas de manejo integrado de plagas. El muestreo secuencial constituye un paso adelante en la

implementación de este. (Boivin y Vincent, 1983; Clavijo, 1993).

Específicamente para el cultivo de arroz en Asia, se realizaron los trabajos iniciales para el desarrollo de planes de muestreo secuencial en las principales plagas. Así, se pueden mencionar los trabajos iniciales de Kuno (1977) en Japón, Shepard y Grothusen (1984) y Shepard *et al.*, (1986) en Filipinas, estos autores desarrollaron planes de muestreo secuencial para los saltahojas del arroz, *Nilaparvata lugens* (Stal) y *Sogatella frucifera* (Horvath) (Homoptera Delphacidae) registrando un ahorro de 80% en los tiempos de muestreo. De la misma manera, Shepard y Ferrer (1987a,b) desarrollaron un plan de muestreo secuencial para el chinche negro de Malasia, *Scotinophara coarctata* F. (Heteroptera: Pentatomidae) en la isla Palawan, Filipinas, logrando reducir significativamente el número de unidades muestrales. Shepard *et al.*, (1988; 1989) desarrollaron planes de muestreo secuencial para los saltahojas del arroz en Manila, Filipinas y van más allá, lo relacionaron con el número de enemigos naturales de estas plagas, principalmente arañas, haciendo más ecológico el plan de muestreo. Estudios con resultados similares fueron realizados en Australia en cultivos de algodón y soya (Sterling y Pieters, 1975; Waddill *et al.*, 1974) citados por Shepard *et al.*, (1988). En Estados Unidos, Espino *et al.*, (2008), desarrollaron un plan de muestreo secuencial para la chinche *Oebalus pugnax* en arroz registrando un ahorro en el tiempo de muestreo cercanos al 56% y tomando como tamaños de muestra fijo de  $n = 10$ .

En América y específicamente en Cuba, Gutiérrez *et al.*, (1987; 1991), Meneses *et al.*, (1995; 2001) y la Red de mejoramiento del arroz para el Caribe (1991), con estudios en varias zonas arroceras demostraron que en 80% de los campos muestreados la distribución espacial de *O. insularis* se ajustó a la forma binomial negativa. En la determinación del número de muestras siguieron las recomendaciones sugeridas por Poston *et al.*, (1983) y las fórmulas de Iwao y Kuno (1968) observando que el número de unidades muestrales oscila entre 1 y 8 en dependencia de la magnitud de la población del chinche, cuando hay más de 4 insectos por 10 pases de malla son necesarias sólo 1 o 2 unidades muestrales, mientras que para poblaciones entre 1 y 4 insectos, se necesitan 3 a 5 muestras, y si las poblaciones fueran inferiores a un insecto por 10 pases de malla, el número de muestras debe estar entre 6 a 8. Esto representaría una primera aproximación, hacia el logro de reducir el

número de unidades muestrales a tomar con miras a minimizar el costo del muestreo y que se acerca hacia el concepto de un plan de muestreo secuencial. En Colombia Weber (1989); Pantoja *et al.*, (1986) y Pantoja *et al.* (1997) mencionan datos similares, pero sin llegar a desarrollar el muestreo secuencial.

Este trabajo se basa en el desarrollo de un proyecto que abarcó el período comprendido entre los años 2001 a 2007; utilizando información proveniente del estudio de la fluctuación poblacional del chinche, *O. insularis* Stal; en el campo utilizando la malla entomológica y la trampa de luz; distribución espacial; el número de muestras, el efecto de las diferentes variedades y determinación del umbral económico y nivel económico de infestación; información necesaria para la implementación de un muestreo secuencial para ser utilizada como una herramienta útil en la toma de decisiones eficiente y económica.

El objetivo del trabajo fue desarrollar un plan de muestreo secuencial en el cultivo de arroz para la chinche vaneadora del arroz, *O. insularis* Stal., en Calabozo estado Guárico; con información de los años 2005 a 2007; desarrollado en lotes del INIA Guárico Calabozo y empleando la variedad comercial Cimarrón. Además se validó la información del plan de muestreo durante el año 2007.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La actividad se desarrollo por un período de tres años durante el cual se efectuaron muestreos semanales en potreros del INIA-Guárico; contándose con un total de 1.706 juegos de datos de los cuales se usaron para el desarrollo del ensayo 200 que coinciden con la etapa de maduración del grano del arroz y que se corresponde con la toma de datos por espacio de seis semanas para dicha etapa del cultivo; donde de la misma manera, se determinó el umbral de daño económico para adultos citado por Vivas (2008); Se utilizó la variedad Cimarrón que representó un 32% de los datos totales obtenidos y para la validación de los métodos se empleó la variedad comercial Venezuela 21 (Vivas, 2008; Vivas *et al.*, 2010).

La técnica de muestreo para la captura de adultos de *O. insularis*, consistió en el uso de la malla entomológica con un tamaño de muestra de 5 pases dobles. Para la captura de adultos se empleó la malla o red entomológica, utilizándose un tamaño de muestra de 5 pases dobles de malla (= 10 pases

sencillos). Se considera un pase sencillo cuando la malla se desplaza en forma horizontal, barriendo un ángulo aproximado de 180° en una dirección por punto muestreado. Los insectos capturados fueron colocados en bolsas plásticas debidamente etiquetadas y contados directamente en campo, las cuales fueron llevadas a la Estación Experimental del INIA donde se conservaron en nevera a 0 °C para realizar otros estudios (Aponte *et al.*, 1997; Vivas y Clavijo, 2000). El número de unidades muestrales que se tomaron en los lotes del INIA Guarico, fue de 10 como mínimo y máximo 12 por lote muestreado cubriendo una superficie de 5 hectáreas en cada oportunidad; cada muestra cubre aproximadamente media hectárea. Los muestreos se realizaron semanalmente durante todos los meses del año, se tomaron en total 1706 juegos de datos para los años 2005 a 2007; de los cuales para el trabajo se usaron 200 (FONAIAP, 1992; 1995; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; Vivas, 2008; Vivas *et al.*, 2001). Para el cálculo del parámetro  $k$ , se utilizó el paquete computacional "Padis for Windows 95 versión 1.01, propuesto por López y Osada (1995; 1996; 1997) del cual se empleó el cálculo de  $k$  por el método de máxima verosimilitud mencionado por (Haldane, 1941; Sichel, 1951; Bliss y Fischer, 1953) citados por Rabinovich (1980), permite obtener una estimación mucho más eficiente, citado y desarrollado por Vivas (2008). Además, se empleó el programa Excel 2000 (Microsoft Office 1997-2000) para el desarrollo de las fórmulas implícitas en el cálculo de dicho parámetro y los cálculos del muestreo secuencial por los métodos de Wald e Iwao; así mismo se utilizaron los programas computacionales Statitxtic (1990) y SAS (1985).

Para el desarrollo del plan de muestreo secuencial de adultos del chinche vaneador del arroz, *O. insularis* Stal; se utilizaron dos procedimientos:

### 1. Procedimiento de Wald's

Se basa en una distribución matemática teórica que describe la distribución espacial observada de la población del insecto bajo consideración (Bouvin y Vincent, 1983).

Las ecuaciones del muestreo secuencial están dadas para dos tipos de distribución espacial: al azar (Poisson) y agregada (binomial negativa). Las ecuaciones son las establecidas por Wald (1947),

Waters (1955) y Osager (1976), posteriormente citados por Bouvin y Vincent (1983).

Para el caso de este trabajo, se hizo hincapié, en la binomial negativa por presentar el chinche una distribución del tipo agregada; descrita por dos parámetros: la media aritmética y el parámetro  $k$  (Southwood, 1978) y desarrollada en un trabajo previo por Vivas (2008). El valor de  $k$  es indicativo del valor de la agregación de la población y puede ubicarse entre cero e infinito. Cuando  $k$  se aproxima a infinito la distribución tiende a ajustarse a Poisson (al azar), mientras que cuando más se acerca a cero mayor será el grado de agregación de la población y mejor el ajuste a la binomial negativa. Según Poole (1974) valores de  $k$  hasta un máximo de 8 indican agregación en la población. El parámetro  $k$  es una constante y una de las hipótesis fundamentales en el uso de la estadística secuencial. Si el valor de  $k$ , se incrementa con la media de la muestra, se puede calcular un  $k$  común, denotado como  $k_c$  (Osager, 1976) citado por Clavijo (1993).

Los límites de aceptación y rechazo, se basan en la estimación de cuatro parámetros, que son:

$$\text{Ec. 1. } P_1 = \lambda_1 / k$$

$$\text{Ec. 2. } P_2 = \lambda_2 / k$$

$$\text{Ec. 3. } Q_1 = 1 + P_1$$

$$\text{Ec. 4. } Q_2 = 1 + P_2$$

Donde:

$P$  = parámetro a calcular (Wald)

$Q$  = parámetro a calcular (Wald)

$k$  = constante, medida de agregación o parámetro de contagio

$\lambda_1$  = hipótesis nula ( $H_0$ ) o nivel por debajo del cual no se requiere tratamiento

$\lambda_2$  = hipótesis alternativa ( $H_a$ ) o nivel por encima del cual se recomienda un tratamiento

Ec: ecuación

Citados por Bouvin y Vincent (1983) y Gómez e Higuera (1986).

El intercepto  $a_1$  de la recta Y de  $D_1$  se estimó según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ec. 5. } a_1 = - \frac{\log \left[ \frac{1 - \alpha}{\beta} \right]}{\log \left[ \frac{P_2 Q_1}{P_1 Q_2} \right]} \text{ ó } \frac{\log \left[ \frac{\beta}{1 - \alpha} \right]}{\log \left[ \frac{P_2 Q_1}{P_1 Q_2} \right]}$$

El intercepto  $a_2$  de la recta Y de  $D_2$  se estimó según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ec. 6. } a_2 = - \frac{\log \left[ \frac{1 - \beta}{\alpha} \right]}{\log \left[ \frac{P_2 Q_1}{P_1 Q_2} \right]}$$

La pendiente b de las dos líneas paralelas:

$$\text{Ec. 7. } b = k \frac{\log \left[ \frac{Q_2}{Q_1} \right]}{\log \left[ \frac{P_2 Q_1}{P_1 Q_2} \right]}$$

Donde:

$\alpha$  = Probabilidad de cometer el error tipo I ó probabilidad de recomendar un tratamiento innecesario y el riesgo de no rechazar una hipótesis cuando esta es falsa.

B = Probabilidad de cometer el error tipo II ó probabilidad de no recomendar un control necesario,

b = Pendiente (Gómez e Higuera, 1986)

**Curva del número promedio muestras (ASN):**

$$\text{Ec. 8. } \text{ASN} = \frac{a_2 + (a_1 - a_2)LP}{\lambda' - b}$$

ASN = Número promedio de muestras

Donde:

$\lambda' = 0$ , LP = 1, y ASN =  $a_1 / -b$

$\lambda' = b$ , ASN =  $a_1 a_2 / - (b^2 / K - b)$

$\lambda'$  = Puntos que se calculan para la interpolación de la curva

LP = Nivel de probabilidad (Bouvin y Vincent, 1983)

Cuando  $\alpha$  es igual o menor que  $\beta$ , el punto máximo de la curva (ASN), se aproxima al valor de la ASN calculada para  $\lambda' = b$ . Cuando el valor de  $\alpha$  se incrementa sobre el valor de  $\beta$ , la precisión del estimador decrece, el valor exacto deber ser establecido por iteraciones de las medias de la ecuación 8 (Osager, 1976 citado por Clavijo, 1993).

### Fin del muestreo

Cuando la media real de la población cae entre los dos valores límites establecidos ( $\lambda_1$  y  $\lambda_2$ ), es posible tomar un gran número de muestras sin salir de estos límites; Esto podría incrementar el esfuerzo del muestreo debido a que no se llega a una decisión.

Este problema tiene una solución matemática que toma en cuenta los cambios de los niveles de los errores  $\alpha$  y  $\beta$ , pero este procedimiento se basa en cálculos muy complejos (Wald, 1947, citado por Clavijo, 1993). Waters (1974) citado por Bouvin y Vincent (1983) sugiere que el muestreo debería detenerse cuando se alcance el número máximo de muestras obtenido por la curva del número promedio de muestras. Sin embargo, él no explica; como se puede escogerse entre las hipótesis  $H_1$  y  $H_2$  una vez que se ha detenido el muestreo.

Algunos autores sugieren que el muestreo debería iniciarse otra vez en el último punto en el tiempo (Sevancherian y Stern, 1972) o que debería aceptarse la hipótesis representada por los límites de aceptación más cercanos a los últimos puntos del muestreo (Sterling y Pieters, 1974; 1975 citados por Boivin y Vincent, 1983).

### 2. Procedimiento de Iwao

La agregación media (Lloyd, 1967) representa un índice, que se puede obtener de la siguiente manera:

$$\text{Ec. 9. } \overset{0}{\bar{X}} = \bar{X} + \left[ \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 \right]$$

La relación matemática entre la densidad de la media  $\bar{X}$  y la agregación media  $\overset{0}{\bar{X}}$  describe ciertas características de la distribución espacial que son inherentes a cada especie en un hábitat dado. Iwao

(1968) demostró que esta relación se puede describir por medio de una regresión lineal simple. En el cálculo se observan dos parámetros: el intercepto ( $a_r$ ) de la línea de regresión Y que caracteriza la unidad básica de la población, mientras que la pendiente de la regresión ( $b_r$ ) describe la distribución de esas unidades en el espacio. La validación de la regresión puede verificarse en términos de la significación del coeficiente de correlación (Steel y Torrie, 1985 citados por Chacín, 1999).

En contraposición al método de Wald, el umbral económico se usa directamente para calcular los límites de las curvas de aceptación y rechazo. Estos valores se utilizaron en las siguientes ecuaciones de Iwao (1975) y Soutwood (1978).

### Curva del límite superior de aceptación

$$\text{Ec. 10} \quad C_s = N \times ET + t \sqrt{N[(a_r + 1) ET + (b_r - 1) ET^2]}$$

### Curva del límite inferior de aceptación

$$\text{Ec. 11} \quad C_i = N \times ET - t \sqrt{N[(a_r + 1) ET + (b_r - 1) ET^2]}$$

Donde:

C = Total de capturas acumuladas

N = Número de muestras tomadas

ET = Umbral económico

t = Valor t de Student al nivel significación alcanzado para una prueba de dos colas y un infinito número de grados de libertad. (1,64 para  $\alpha = 0,1$  y 1,96 para un  $\alpha = 0,05$ )

$a_r$  = Índice básico de contagio (Intercepto de Y)

$b_r$  = (Pendiente) Coeficiente de densidad de contagio

Se obtienen dos curvas  $C_s$  y  $C_i$ , para el cálculo de diferentes valores de N. El espacio entre estas dos curvas se incrementa con la amplitud de los grados de precisión. Si la media poblacional de la población en estudio es igual al umbral económico, se necesitaría de una gran cantidad de muestreos para obtener los límites del cálculo. El procedimiento de Iwao, posibilita el cálculo del máximo número de muestras que pueden tomarse para determinar si el nivel

poblacional es igual al umbral económico dentro de una banda de confianza predeterminada.

### Número máximo de muestras

Adicionalmente, se puede calcular el número máximo de muestras a tomar mediante la aplicación de la fórmula: (Clavijo, 1993).

$$\text{Ec. 12.} \quad N_{(\max)} = t^2 / d^2 [ (a_r + 1) ET + (b_r - 1) ET^2 ]$$

Donde:

$N_{(\max)}$  = Número máximo de muestras a tomar

d = es el intervalo de confianza calculado para la media de la población estimada

El resto de las variables igual que en las fórmulas anteriores.

Este número máximo de muestras, señala el momento en que debe detenerse el muestreo si no se ha alcanzado una decisión y esta situación debe interpretarse como indicativa de que la media de la población que esta siendo muestreada está en el umbral económico y por lo tanto, habrá necesidad de aplicar medidas de control.

Según Boivin y Vincent (1983) la aplicación del procedimiento descrito tiene las siguientes ventajas: de no exigir un conocimiento en relación a la distribución espacial de la población; las medias obtenidas son evaluadas directamente contra el umbral económico y el muestreo tiene un momento predeterminado en el que debe detenerse y tomarse una decisión.

Se tiene una extensa descripción del plan de muestreo en términos gráficos. Algunos autores como Osager (1976) y Mason (1978) citados por Boivin y Vincent (1983) han examinado las dificultades involucradas con el uso de los métodos gráficos en el campo y proponen el uso de cuadros. Para cada intensidad de muestreo, el cuadro proporciona los valores de capturas acumuladas para cada límite. Las capturas acumuladas se comparan con los valores de los límites inferior y superior con el número apropiado de muestreos.

El umbral económico de tres (3) adultos por pase sencillo de malla entomológica fue determinado en un trabajo anterior realizado por Vivas en 2008.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados empleando los métodos propuestos por Wald e Iwao y se comparan en forma práctica. Se usó el umbral económico obtenido durante la fase de maduración para adultos de la chinche en el cultivo de arroz y determinado por Vivas en 2008.

Debido a que se logró un buen ajuste con la distribución binomial negativa y el índice de agregación de Iwao, esto permitió utilizar sus valores para determinar el muestreo secuencial (Notz, 1992).

En un trabajo previo, Vivas (2008) calculó el  $k$  común; empleando el paquete computacional (Padis for Windows 95) descrito por López y Osada (1997), obteniéndose la información registrada para cuatro años de estudio (2001 a 2004) contándose con 642 juego de datos de los cuales 234 se ajustaron a la binomial negativa y que coincidieron con la etapa de maduración del cultivo, se consiguió un  $k$  común de 1,3810 con un error estándar de  $k$  igual a 0,029153. La bondad de ajuste de la distribución binomial negativa para la distribución de las frecuencias observadas las analizó mediante el cálculo del estadístico  $U$ ; obteniendo un valor de  $U$ :

$$U = -0,448 \text{ y la varianza de } U: \text{Var}(U) = 0,122.$$

$$\text{El error estándar fué: } ES \pm 0,349.$$

El valor estimado de  $U$  más su error estándar contiene el valor cero (0), lo que permitió a Vivas (2008) concluir que la binomial negativa se ajustó a la distribución de las frecuencias observadas.

## Procedimiento de Wald

La distribución espacial de la chinche vaneadora se ajustó al modelo de la binomial negativa con un  $k = 1,3810$ . El umbral económico del insecto fue de 3,0 individuos (Vivas, 2008); Se fijó la hipótesis nula ( $H_0$ ) en 2 individuos y la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) en 3 individuos y con límites del error:  $\alpha = 0,1$  y  $\beta = 0,1$ .

Reemplazando estos valores en las ecuaciones se obtiene:

$$P_1 = 2 / 1,3810 = 1,4482$$

$$P_2 = 3 / 1,3810 = 2,1723$$

$$Q_1 = 1 + 1,4482 = 2,4482$$

$$Q_2 = 1 + 2,1723 = 3,1723$$

El intercepto  $a_1$  de la recta  $D_1$

$$a_1 = -15,012505$$

El intercepto  $a_2$  de la recta  $D_2$

$$a_2 = 15,012505$$

Pendiente de la recta:

$$b = 2,4448319$$

Se obtienen los límites de aceptación y rechazo (Figura 1 y Cuadro 1).

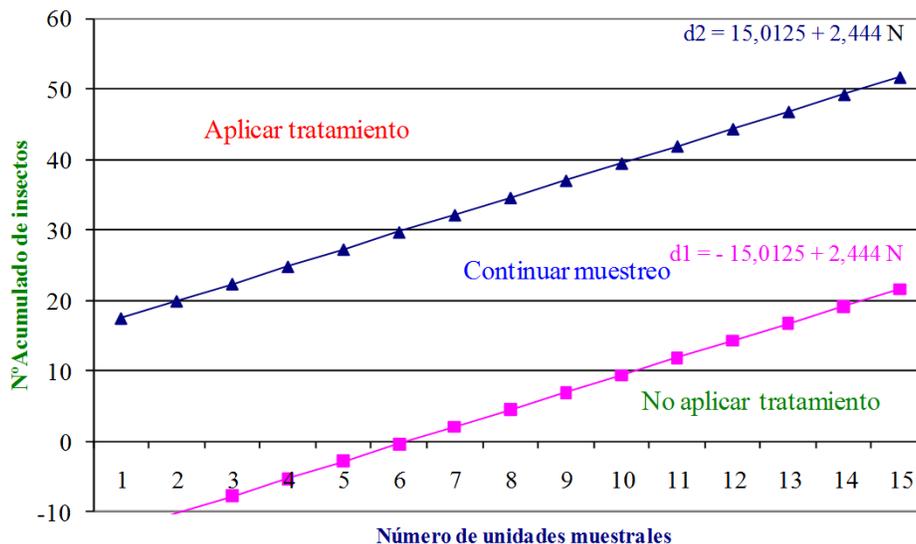


Figura 1. Plan de muestreo secuencial para *Oebalus insularis* aplicando el método de Wald en la fase de maduración (90 a 120 días) del arroz.

$$d_1 = -15,012505 + 2,4448319 N$$

$$d_2 = 15,012505 + 2,4448319 N$$

Para el cálculo del número máximo de muestras se utilizaron cuatro puntos para la interpolación de la curva completa:

$$\lambda' = 0 \quad \text{ASN} = 6,15 \text{ (Mínimo número de muestras)}$$

$$\lambda' = 2 \quad \text{ASN} = 27,07$$

$$\lambda' = 2,444791 \quad \text{ASN} = 42,00 \text{ (Máximo número de muestras)}$$

$$\lambda' = 3 \quad \text{ASN} = 22,69$$

El valor máximo del número promedio de unidades muestrales fue 42 que para efectos del muestreo resultó muy alto. El mínimo número de unidades de muestras para el límite inferior, que se debe tomar antes de tomar la decisión de no controlar sería de (6) seis unidades de muestras.

Con este plan, se pueden tomar decisiones, ya sea que el nivel poblacional de la plaga se encuentre

Cuadro 1. Límites de la aceptación de las hipótesis  $H_0$  y  $H_a$  en un plan de muestreo secuencial para la chinche *Oebalus insularis* por el procedimiento de Wald.

Número de muestras	Límite inferior	Límite superior
1	-	17
2	-	19
3	-	22
4	-	24
5	-	27
6	-	29
7	2	32
8	4	34
9	7	37
10	9	39
11	11	41
12	14	44
13	16	46
14	19	49
15	21	51
16		
17		

Continuar muestreo

Parar muestreo y aplicar el tratamiento

Parar muestreo se tolera este nivel poblacional

por encima o por debajo de los límites de aceptación, en caso de alcanzar el máximo número de muestras, cuando se está en la zona intermedia o de indecisión, se recomendaría aplicar una medida de control.

### Procedimiento de IWAO

Los parámetros de la distribución espacial para adultos del chinche, se han calculado en términos de la regresión de la agregación media sobre la media, en este caso,  $a_r = 0,00203$  y  $b_r = 1,2434$ , con un  $r^2 = 0,91$  (y un nivel de significación  $\alpha = 0,05$ ) (Figura 2). Aclarando que esta figura fue diseñada con datos obtenidos en la fase de maduración (6 semanas) que es cuando se presentan los principales problemas de población y daño provocados por la chinche en el arroz y con el promedio de los datos para los dos años de estudio.

El umbral económico fue de tres individuos por pase sencillo de malla entomológica (Vivas, 2008) y el nivel de error  $\alpha$  fue 0,1. Los valores de la  $t$  de student, con infinitos grados de libertad fue de 1,64 para un  $\alpha = 0,1$  y de 1,96 para un  $\alpha = 0,05$ .

Estos valores se reemplazaron en las siguientes fórmulas:

Límite de aceptación superior

$$C_s = N \times 3 + 1,64 \sqrt{N[(0,00203 + 1) \times 3 + (1,2434 - 1) \times 3^2]}$$

$$C_s = 3N + 1,64 \sqrt{N \times 5,19669}$$

Límite de aceptación inferior

$$C_i = N \times 3 - 1,64 \sqrt{N[(0,00203 + 1) \times 3 + (1,2434 - 1) \times 3^2]}$$

$$C_i = 3N - 1,64 \sqrt{N \times 5,19669}$$

Los límites de aceptación de estas dos curvas, se muestran en la figura 3 y cuadro 2.

Se calculó el máximo número de muestras, para ello se utilizaron los siguientes valores:  $\alpha = 0,1$  y  $d = 0,87$ ; con medias cercanas al  $N_{max}$ . La media poblacional fue de  $3 \pm 0,87$  adultos por muestra, con un error  $\alpha$  de 0,1.

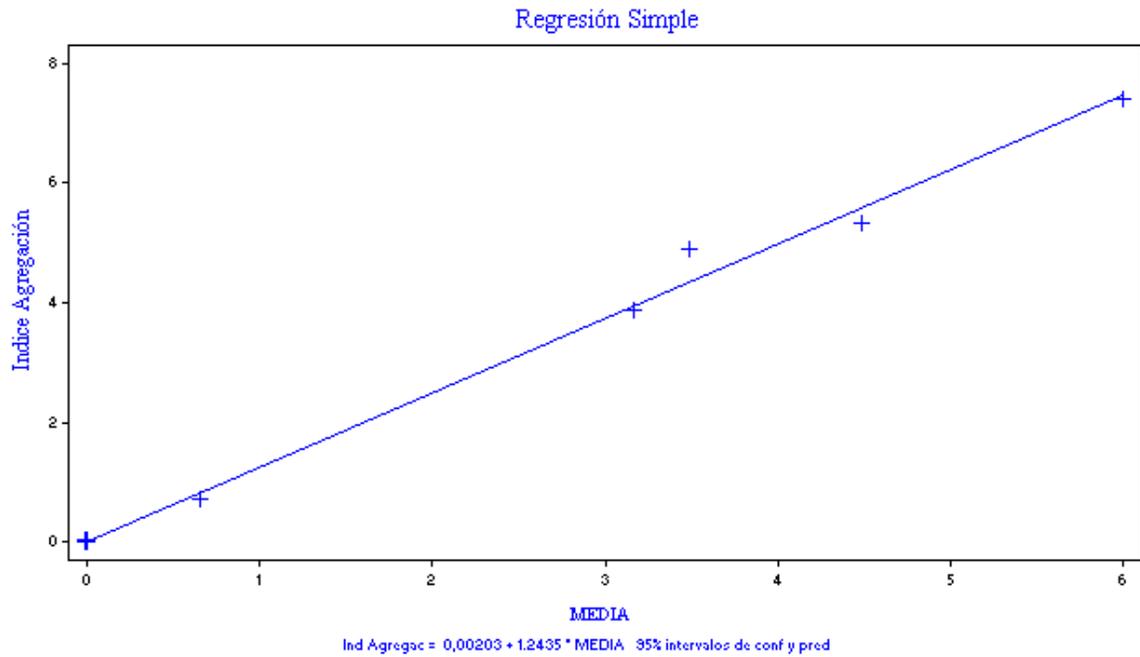


Figura 2. Relación entre medias e índice de Lloyd de los muestreos de adultos de *Oebalus insularis* para el desarrollo del procedimiento de Iwao durante la fase de maduración del cultivo.

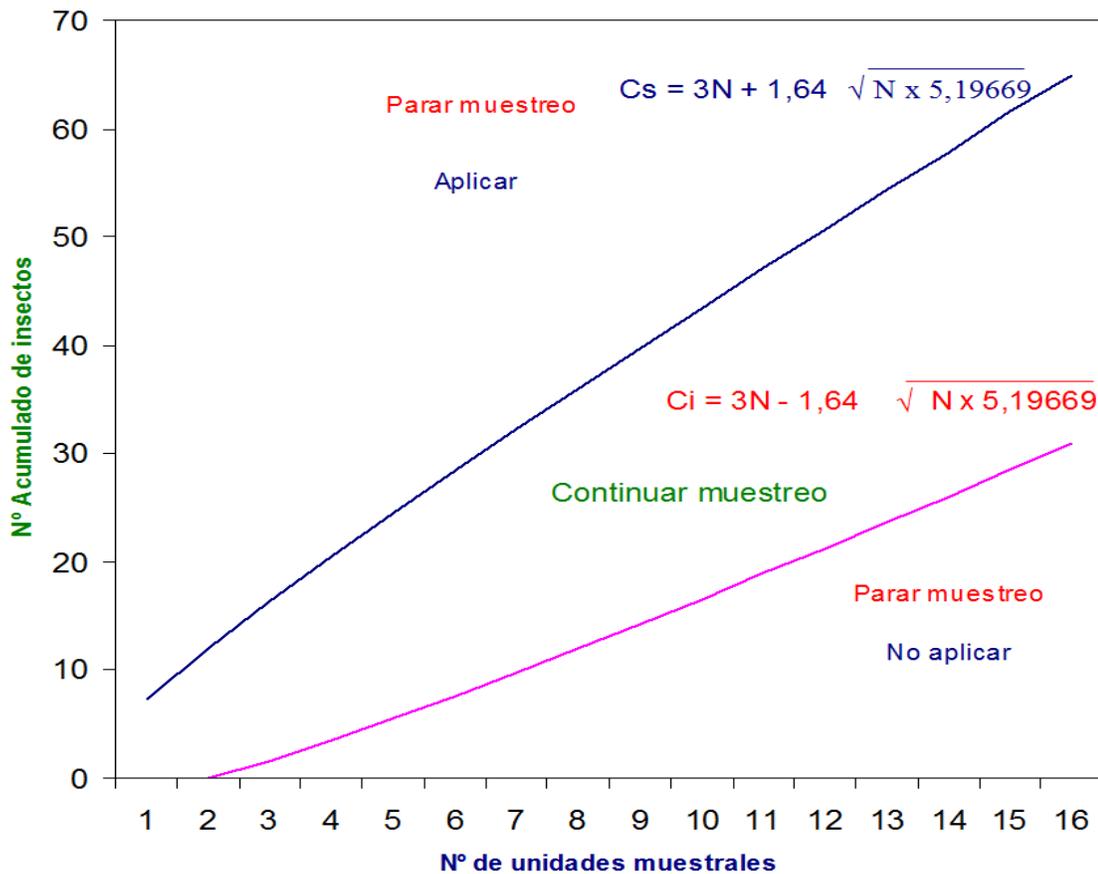


Figura 3. Plan de muestreo secuencial aplicando el método de Iwao, para la chinche *Oebalus insularis* en la fase de maduración (90 a 120 días) del arroz.

**Máximo número de muestras**

$$N_{\max} = \frac{(1,64)^2}{(0,87)^2} [(0,00203 + 1) \times 3 + (1,2434 - 1) \times 3^2]$$

$$N_{\max} = \frac{2,6896}{0,7569} \times 5,1 = 3,4 \times 5,1 = 17,34$$

Esto significa que cuando se esta en la zona de indecisión, se debe detener el proceso cuando se alcanzan 17 unidades muestrales y se toma la decisión de controlar. Si se comparan los dos procedimientos; el método de Iwao requiere solo de dos (2) unidades muestrales antes de tomar una determinada decisión, mientras que con el método de Wald se necesitarían de seis (6).

En Latinoamérica y el Caribe, poco se ha estudiado en relación a los parámetros poblacionales necesarios para el estudio del muestreo secuencial en las plagas de mayor importancia para el arroz (Red de mejoramiento del arroz para el Caribe, 1991; Pantoja *et al.*, 1997, Weber, 1989). Por ello, los umbrales de acción se expresan como el número de artrópodos recogidos por pase de red entomológica o por unidad de área.

Cuadro 2. Límites de la aceptación de las hipótesis  $H_0$  y  $H_a$  en un plan de muestreo secuencial para la chinche *Oebalus insularis* por el procedimiento de Iwao.

Número de muestras	Límite inferior	Límite superior
1	-	7
2	1	11
3	3	15
4	5	19
5	7	23
6	9	27
7	11	31
8	13	35
9	16	38
10	18	42
11	21	45
12	23	48
13	26	52
14	28	55
15	30	59
16	33	63
17	36	66

Continuar muestreo

Parar muestreo y aplicar el tratamiento

En Cuba, la Red de mejoramiento del arroz para el Caribe (1991) con estudios en varias zonas arroceras demostraron que en 80% de los campos muestreados consiguieron que el número de muestras osciló entre 1 y 8 en dependencia de la magnitud de la población del chinche, representando una primera aproximación hacia el logro de reducir el número de muestras a tomar con miras a minimizar el costo del muestreo y que se acerca hacia el concepto de un plan de muestro secuencial. En Colombia Weber (1989) y Pantoja *et al.*, (1993) mencionan datos similares, pero sin llegar a desarrollar el plan de muestreo secuencial. En Estados Unidos, Espino *et al.*, (2008) obtienen resultados similares al alcanzado en este trabajo cuando desarrollaron el plan de muestreo secuencial para la chinche *Oebalus pugnax* en el cultivo de arroz.

**Validación de los métodos:**

La información obtenida se validó en el campo, se utilizaron los datos producto de las evaluaciones de campo realizadas durante el ciclo norte verano correspondiente a los meses enero a abril del año 2007. Esta se realizó en el potrero N° 6 del INIA Guárico, con la variedad comercial Venezuela 21. El muestreo se realizó en la semana 16 del año y a la edad de 105 días.

Como se puede apreciar en el cuadro 3 y las figuras 4 y 5, se detuvo la evaluación en el muestreo 4; cuando se superó el límite superior, tanto por el método de Iwao como de Wald. En el mismo cuadro, se nota que se continuó el muestreo hasta la muestra número 10, a fin de verificar la información y constatar que efectivamente se debía aplicar una medida de control para evitar el daño económico. Esto significó un ahorro en términos de tiempo de 60% en la ejecución del muestreo. Resultados similares con la especie *Oebalus pugnax* lo registra Espino *et al.*, (2008).

**CONCLUSIONES**

Se desarrolló el plan de muestreo secuencial para el chinche vaneador *Oebalus insularis* Stal, empleando los métodos de Wald (1947) e Iwao (1975), justificándose su uso sólo durante la fase de maduración del grano del arroz.

Con el método de Iwao, cuando las poblaciones se mantienen dentro de la zona de indecisión, se debe detener el muestreo después de

realizar un número máximo de 17 unidades muestrales y se toma la decisión de controlar. Mientras que el mínimo número de muestras que se requiere antes de tomar la decisión de no controlar sería de dos unidades muestrales.

realizar un número máximo de 42 unidades muestrales y se toma la decisión de controlar. Mientras que el mínimo número de muestras requeridas para tomar la decisión de no controlar sería de seis unidades muestrales.

Con el método de Wald, cuando las poblaciones se mantienen dentro de la zona de indecisión, se debe detener el muestreo después de

Se validaron ambos métodos con información de campo, lográndose un ahorro en tiempo de muestreo del 60 %.

Cuadro 3. Evaluación de la población del chinche *Oebalus insularis* y validación de los planes de muestreo secuencial en potreros del INIA Guarico. Año 2007

Muestreo	Total Adultos	Total ninfas	Promedio Adultos	Promedio Ninfas	Suma Adultos	Límite superior Iwao	Límite superior Wald
1	38	2	3,8	0,2	3,8	7	17
2	30	2	3,0	0,2	6,8	11	19
3	22	0	2,2	0,0	9,0	15	22
4	154	5	15,4	0,5	24,4	19 *	24 *
5	103	3	10,3	0,3	34,7	23	27
6	120	0	12,0	0,0	46,7	27	29
7	57	1	5,7	0,1	52,4	31	32
8	39	0	3,9	0,0	55,9	35	34
9	87	2	8,7	0,2	64,9	38	37
10	45	3	4,5	0,3	69,1	42	39

\* Detener el muestreo y recomendar control

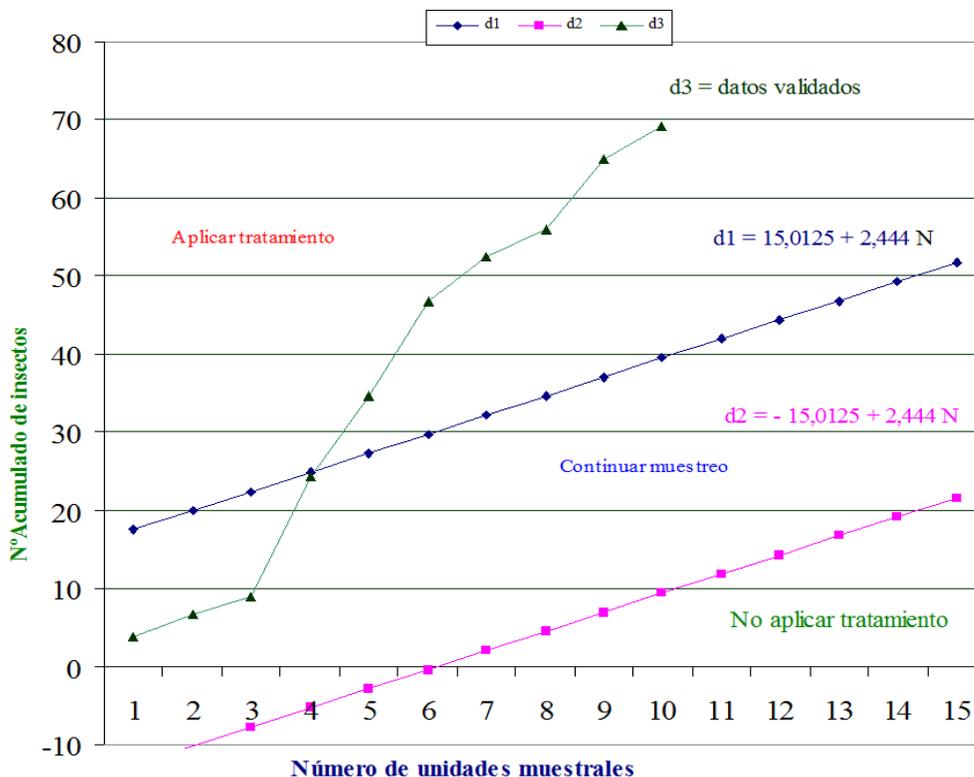


Figura 4. Validación en campos de arroz del plan de muestreo secuencial para *Oebalus insularis* aplicando el método de Wald. Año 2007

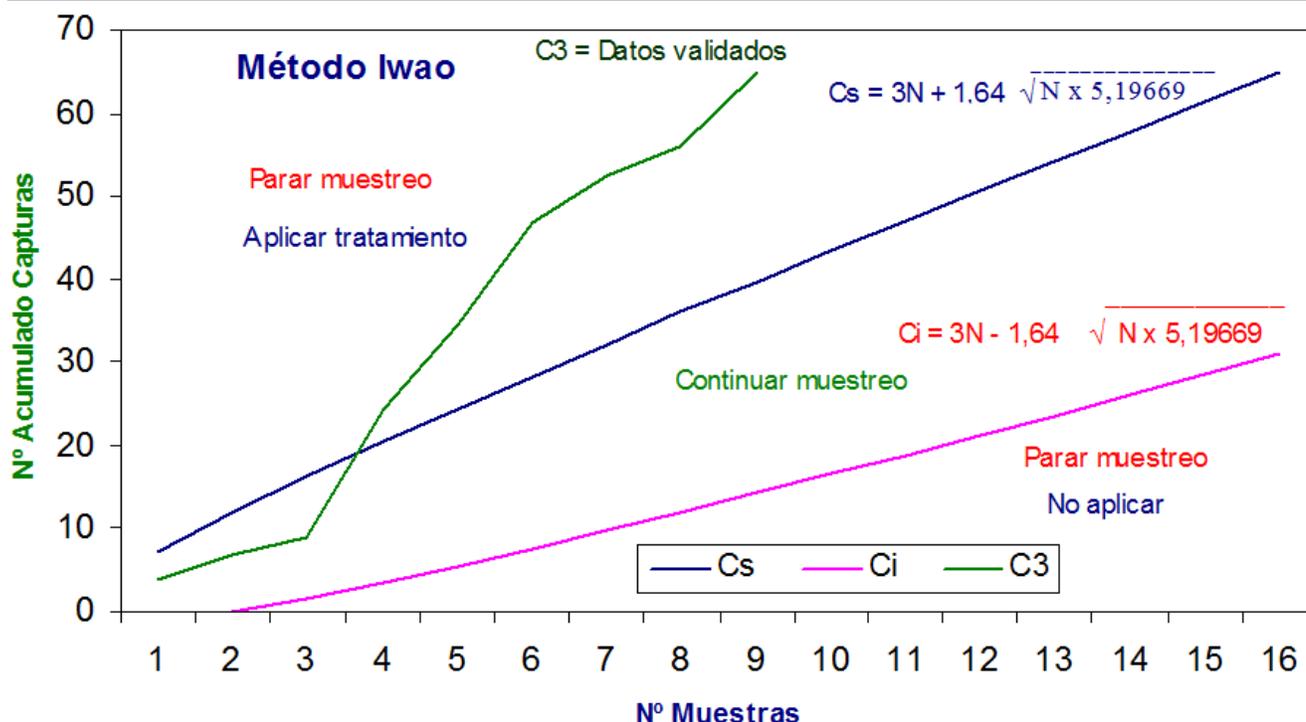


Figura 5. Validación en campos de arroz del plan de muestreo secuencial para *Oebalus insularis* aplicando el método de Iwao. Año 2007.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada por el personal técnico y de investigación del INIA Guarico sin el cual la realización del presente trabajo no hubiese podido realizarse. A Zuhilma Narváez de la Universidad Central de Venezuela y a Alberto Pantoja de la Universidad de Alaska por su ayuda inestimable.

#### LITERATURA CITADA

- Adams, M.; R. Vargas y A. Montaldo. 1990. El arroz en Venezuela. Rev. Fac. Agron. Maracay. UCV. Facultad de agronomía, comisión de información, documentación y publicaciones. Alcance N° 39. 263 p.
- Aponte, O.; L. E. Vivas, L. E. Escalona y P. Castillo. 1997. Manejo integrado de artrópodos plaga en arroz. Unidad de Aprendizaje para la Capacitación Tecnológica en la producción de arroz. FONAIAP – FUNDARROZ-UCV-IUTEP. Acarigua, Venezuela. 59 p.
- Bliss, C. I and R. A. Fischer. 1953. Fitting the negative binomial distribution to biological data and a note on the efficient fitting of the negative binomial. Biometrics. 9: 176-200.
- Boivin, G. and C. Vincent. 1983. Sequential sampling for pest control programs. Research Branch. Agriculture Canada. Direction Générale de la recherche. Contribution 198-14E. 29p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1989. El manejo integrado de plagas del cultivo de arroz. Contenido científico: George Weber. Cali, Colombia. 67 p.
- Clavijo, S. A 1993. Fundamentos de manejo de plagas. UCV. Facultad de agronomía. 209p.
- Daza, C. E. 1991. Biología, daño y enemigos naturales de hemípteros pentatomidos presentes en el cultivo de arroz con riego. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 65 p.
- Espino, L.; M. O. Way and L. T. Wilson. 2008. Sequential Sampling Plans for Sweep Net and Visual Sampling of *Oebalus pugnax*<sup>1</sup> in Rice. Southwestern Entomologist 33 (1): 53-64.
- Ferrer, E. R. and B. M. Shepard. 1987b. Sampling Malayan black bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in rice. Environ. Entomol. 16: 259-263.

- Fohner, G. 1981. Sequential sampling for pests management. Cornell Agric. Econ. Pap. 81-12. 18p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1992. Informe anual de la sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. Calabozo, Guárico. 21 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1995. Informe anual de la sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. Calabozo, Guárico. 62 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1999. Informe Anual de la Sección de Entomología. Estación Experimental Guárico (CIAEG). Calabozo, Guárico. 73 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 2000. Informe anual de la sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. Calabozo, Guárico. 89 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 2001. Informe anual de la sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. Calabozo, Guárico. 84 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 2002. Informe anual de la sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. Calabozo, Guárico. 65 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 2003. Informe anual de la sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. Calabozo, Guárico. 64 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1995. Production yearbook. Roma. Italia. 30 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1998. Base de datos estadísticos. Hoja de balance de alimentos. Roma. Italia. 20 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. FAOSTAT. PROSTAT (en línea). Roma, Italia,. Disponible en: <http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/pdf/postertransgenico.pdf>. Última visita 2 de mayo de 2008.
- Gómez, A y A. Higuera. 1986. Bases para el manejo integrado de plagas. Revisión crítica de la investigación entomológica. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Zulia. Serie D N° 1-21. Maracaibo, Venezuela. 92 p.
- Gutiérrez, A.; R. Meneses, E. Arias, R. A. García, H. Hernández y M. Amador. 1987. Estimación de las poblaciones de *Oebalus insularis* en el cultivo de arroz. Ciencia Técnica Agrícola: Arroz. 10 (1): 43-53.
- Gutiérrez, A.; R. Meneses; E. Arias; A. A. Hernández López y M. Amador Gené. 1991. La chinche del arroz en Cuba. Arroz en las Américas. Boletín del Programa Arroz del CIAT. CIAT-Cali-Colombia. 12 (2): 2-4.
- Haldane, J. B. S. 1941. The fitting of binomial distributions. Ann. Eugenics. 11: 179-181.
- Harcourt, D. C. 1966a. Sequential sampling for use in control of the cabbage lopper on cauliflower. J. Econ. Entomol. 59: 1190-1192.
- Harcourt, D. C. 1966b. Sequential sampling for the imported cabbageworm, *Pieris rapae* (L). Can. Entomol. 98: 741-746.
- Iwao, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. Res. Popul. Ecol. 10: 1-20.
- Iwao, S. 1975. A new method of sequential sampling to classify populations relative to a critical density. Res. Popul. Ecol. 16: 281-288.
- Iwao, S. and. E. Kuno. 1968. Use 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.
- Kuno, E. 1977. Sequential estimation of population density by quadrat sampling. University of Tokyo Press, Tokyo. 237 p.
- López, J. C. y H. K. V. Osada. 1997. Programa computacional "Padis for Windows 95. Version 1.01. Copyright 1995, 1996, 1997.
- Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). 1996a. Dirección de producción. Unidad Estatal de Desarrollo Agropecuario (UEDA). Caracas. (Informe técnico). 3 p.

- Ministerio de Agricultura y Cría (MAC). 1996b. División de planificación. Unidad Estatal de Desarrollo Agropecuario (UEDA) - Guárico. (Informe técnico). 2 p.
- Mason, R. F. 1978. Detecting suboutbreak populations of the Douglas-fir tussock moth by sequential sampling of early larvae in the lower tree crow. U.S. Dep. Agric. For. Serv. Res. Pap. PNW-238. 9p.
- Meneses, R.; R. A. García y A. Bisco. 1987. Estudio de la biología de *Oebalus insularis* sobre plantas de arroz. Agrotecnia de Cuba 14 (1): 13-17.
- Meneses, R. C.; A. Y. Gutiérrez, A. R. García, G. P. Antigua y J. S. Gómez. 1995. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. Instituto de Investigaciones del arroz. Estación Experimental del Arroz "Sur del Jibaro". Cuba. 26p.
- Meneses R. C.; A. Y. Gutiérrez, A. R. García, G. P. Antigua; J. S. Gómez, F. Correa Victoria y L. Calvert. 2001. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. CIAT, IIA-Cuba, FLAR. Publicación del Fondo Latinoamericano para arroz de riego (FLAR). Cuarta edición revisada y ampliada. Cali, Colombia. 76 p.
- Notz, A. P. 1992. Distribución especial y temporal de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) y *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae) en papa, *Solanum tuberosum*. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 18: 413-424.
- Osanger, J. A. 1976. The rationale of sequential sampling, with emphasis on its use on pest managements. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. 1526. 19 p.
- Pantoja, A.; C. M. Smith and J. F. Robinson. 1986. Effects of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on rice yields. J. Econ. Entomol. 79: 12-129.
- Pantoja, A.; A. Fischer, F. Correa Victoria, L. R. Sanint y A. Ramírez. 1997. MIP en Arroz: Manejo integrado de plagas; Artrópodos, enfermedades y malezas. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (Publicación CIAT N° 292). 141 p.
- Pérez, A. T. 1999. Sistema agroalimentario del arroz. Nivel 1-5. Las relaciones con la economía internacional. Informe final. Ministerio de Agricultura y Cría – IICA. Barquisimeto; Venezuela. 181p.
- Pieters, E. P. 1978 Bibliography of sequential sampling plans for insects. Bull. Entomol. Soc. Am. 24: 372-374.
- Poole, R. W. 1974. An introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill. New York. 532p.
- Poston, F.; R. J. Whitworth, S. M. Welch and J. Loera. 1983. Sampling south western corn borer population in post harvest corn. Environmental Entomology 12 (1): 33-36.
- Rabinovich, A. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones de animales. Compañía Editorial Continental S.A. México. N° 20. Primera edición. 330 p.
- Red de Mejoramiento de Arroz para el Caribe. 1991. Mesa redonda sobre protección vegetal. Editor: Jorge Armenta Soto y Manuel Castillo. Cooperación: CIAT-CIDA-IRRI-IICA-SEA-UNDP, Imprenta el Herald. Santo Domingo, República Dominicana. Tiraje 350. Santa Clara, Cuba. 107 p.
- Reissig, W. H.; E. A. Heinrichs, J. A. Litsinger, K. Moody, L. Fiedler, T. W. Mew and A. T. Barrior. 1985. Illustrated guide to integrated pest management in rice in tropical Asia. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas. 300p.
- Robles, R. y R. Izaguirre. 1998. Procedimientos numéricos para decidir niveles de truncamiento en el muestreo secuencial: El modelo binomial en fitosanidad. Avances de Investigación. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. pp. 34-35.
- Robles, R. y R. Izaguirre. 1999. Análisis numérico del muestreo secuencial binomial: truncamiento, tamaño de muestra y característica de operación. Avances en la investigación. Colegio de postgraduados Montecillo, Estado de México. Instituto de Fitosanidad. 3p. Disponible en: <http://www.colpos.mx/ifit/entacar/avances/022.htm>. Última visita 3 de junio de 2008

- Salas, I. D. 1991. Arroz en Venezuela: Avanza el plan colaborativo de investigación. CIAT-Colombia. Arroz en las Américas 12 (1): 2-4.
- Salas, I. D. 1994. Informe del consejo consultivo nacional del Arroz. Acarigua, Portuguesa. (Mimeografiado). 10 p.
- Sánchez, C. E. 1995. El arroz, estrategia agrícola y alimentaria en Venezuela. III Taller nacional sobre la importancia del arroz. IUT – Los Llanos. Calabozo. Editorial Corprensa. 275 p.
- Sevacherinan, V. and V. M. Stern. 1972. Sequential sampling plans for *Lygus* bugs in California cotton fields. Environ. Entomol. 1: 704-710.
- Shepard, B. M. and M. E. Ferrer. 1987. Sampling insects in rice. En: International workshop on crop loss assessment to improve pest management in rice and rice-based farming systems in south and southeast Asia. Memories. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas.
- Shepard, B. M.; E. R. Ferrer and P. E. Kenmore. 1988. Sequential sampling of planthoppers and predator in rice. J. Pl. Prot. Tropics. 5(1): 39-44.
- Shepard, B. M.; E. R. Ferrer, P. E. Kenmore and J. Sumangil. 1986. Sequential sampling planthoppers in rice. Crop. Protection 5: 319-322.
- Shepard, B. M. and J. Grothusen, J. 1984. A simple calculator program for flexible Sequential sampling of insects. Bulletin of Entomological Society of America 30: 35-37.
- Shepard, B. M.; D. R. Minnick, J. S. Soriano, E. R. Ferrer and O. N. Magistrado. 1989. A simplified method for sampling leafhoppers (LFs) and planthoppers. International Rice Research Institute (IRRI). 14: 2.
- Sichel, H. S. 1951. The estimation of the parameters of a negative binomial distribution with special reference to psychological data. Psychometrika: 16: 107-127.
- Southwood, T. R. E. 1978. Ecological methods. Second ed. Chapman and Hall Co; London. 524. pp.
- Statistical Analysis System (SAS). 1985. SAS Institute Inc.. Guide for personal computers. 6<sup>th</sup> edition.
- Statixtix. 1990. Paquete computacional, Segunda edición. 100p.
- Steel, R. G. D and J. H. Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. 622p.
- Sterling, W. L and E. P. Pieters. 1974. A sequential sampling package for key cotton arthropods in Texas. Tex. Agric. Exp. Stn. Tech. Rep. 74-32. 28 p.
- Sterling, W. L and E. P. Pieters. 1975. Sequential sampling for key arthropods of cotton. Tex. Agric. Exp. Stn. Tech. Rep. 75-24. 21 p.
- Trumper, E. V. 2004. Bases para el diseño de planes de muestreo de plagas. Serie: Modelos bioeconómicos para la toma de decisiones de manejo de plagas. Estación Experimental Manfredi. Sección Entomología. ISSN 1668-9410. INTA. Año (I). N° 2. Web site: [www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docprodveg/entomo/bioeco2.htm](http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docprodveg/entomo/bioeco2.htm). Última visita 4 de abril de 2008
- Trumper, E. V.; F. Fava y J. M. Imwinkelried. 2006. Desarrollo de un plan de muestreo secuencial para la estimación de densidad de desoves de *Diatraea saccharalis* con unidades muestrales compuestas. Serie: Modelos bioeconómicos para la toma de decisiones de manejo de plagas. Estación Experimental Manfredi. Sección Entomología. ISSN 1668-9410. INTA. Año (III). N° 1. Web site: [www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docprodveg/entomo/bioecoIIIS3.htm](http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docprodveg/entomo/bioecoIIIS3.htm) Última visita 6 de abril de 2008.
- Vivas, L. E. 1997a. Dinámica poblacional de la sogata del arroz *Tagosodes orizicolus* (Homoptera: Delphacidae) en el Guárico Occidental. Tesis de maestría. Facultad de agronomía. U.C.V. Maracay, Aragua. 147 p.
- Vivas, L. E. 1997b. El chinche vaneador del arroz *Oebalus ypsilongriseus* (Degeer) (Hemiptera: Pentatomidae) en Venezuela. Publicado por Fundacite (Aragua), Dirección Internet: <http://www.plagas-agricolas.info.ve/>. 4 p. Última visita 2 de junio de 2008.

- Vivas, L. E. 2002. Manual de insectos plagas de arroz. INIA-SINGENTA. Maracay-Venezuela. Diseño y diagramación: Comunicación grafica C.A (Maracay Edo. Aragua). Primera edición. 30 p.
- Vivas, L. E. y S. Clavijo. 2000. Fluctuación poblacional de *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 (Homoptera : Delphacidae) en el sistema de riego Río Guárico, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Bol. Entomol.Venez. 15 (2): 217-227.
- Vivas, L. E. 2008. Muestreo secuencial del chinche vaneador del arroz, *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) sobre arroz (*Oryza sativa* L.) en Calabozo, estado Guárico. Tesis de Doctorado. Facultad de agronomía. U.C.V. Maracay, Aragua. 144 p.
- Vivas, L. E.; S. Clavijo y H. González H. 2001. Distribución temporal y espacial en poblaciones de Sogata *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 (Homoptera : Delphacidae) y número óptimo de muestras para su estimación en el cultivo de arroz, en Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. Investigación Agrícola 6: 1. Disponible en Internet. Web site: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen6/art1/index.html>. Última visita 14 de marzo de 2008.
- Vivas, L. E.; L. Lugo, M. Acevedo y S. Clavijo. 2002. Determinación de la preferencia de *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926 (Homoptera: Delphacidae) sobre variedades de arroz, Calabozo Estado Guárico, Venezuela. Investigación Agrícola. 7:5. Disponible en Internet. Web site: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen7/art5/index.html>. Última visita 13 de febrero de 2008.
- Vivas, L. E.; A. Notz y D. Astudillo. 2010. Fluctuación poblacional del chinche *Oebalus insularis* (Stal). en Calabozo estado Guárico, Venezuela. Agronomía Tropical. (En prensa).
- Wald, A. 1947. Sequential analysis. John Wiley and Sons, New York. 212 p.
- Waddill, V. H.; B. M. Sheppard, S. G. Tunipseed and G. R. Carner. 1974. Sequential sampling plan for *Nabis* spp. and *Geocoris* spp. on Soybeans. Environmental Entomology 3: 415-419.
- Waters, W. E. 1955. Sequential sampling in forest insect survey. For. Sci. 1: 68-79.
- Waters, W. E. 1974. Sequential sampling applied to forest insect surveys. Pages: 290-311. In Monitoring forest environment through successive sampling: Proceedings of a symposium.
- Weber, G. 1989. Desarrollo del manejo integrado de plagas del cultivo de arroz: Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 69 p.