

ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE POBLACIONES DE TETUÁN (*CYLAS FORMICARIUS*) A TRAVÉS DE LA DISTRIBUCIÓN BINOMIAL NEGATIVA.

Yamilet Rodríguez Sainz de la Torre¹, Rubén Avilés Pacheco¹ y Walkiria Guerra Bustillo².

¹Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), Calle 2 esquina a 1 Santiago de las Vegas, Ciudad de la Habana, Cuba. E-mail: yamiletrst@inifat.co.cu

² Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez” (UNAH)

RESUMEN

La rusticidad y los altos rendimientos potenciales del boniato lo han convertido en uno de los cultivos más importantes para los países en desarrollo ocupando, a nivel mundial, el tercer lugar en el grupo de raíces y tubérculos. Cuba no es una excepción y actualmente el boniato tiene la más alta prioridad por parte del Ministerio de la Agricultura y alcanza una significación similar al cultivo de la papa.

El principal factor limitante de la producción boniatera en nuestras condiciones es el tetuán (*Cylas formicarius*) debido al notable incremento de los daños con la consiguiente disminución de los rendimientos globales y de los tubérculos con calidad comercial.

Como parte de la estrategia para enfrentar los problemas de plagas, se han desarrollado técnicas mediante el estudio de las poblaciones de insectos en su medio ambiente, que permiten un manejo adecuado de ciertos factores de éste para evitar el incremento de las poblaciones perjudiciales.

El estudio de dichas poblaciones y el daño que las plagas provocan a los cultivos, es considerado un aspecto muy importante en la protección de las plantas, en la que las decisiones que se tomen dependen, entre otros factores, de la disposición espacial de las mismas, lo que brinda información básica para la interpretación de la estructura espacial, el diseño de los programas eficientes de muestreo, la estimación de las poblaciones y el manejo integrado de plagas.

En aras de resolver los problemas que en este campo han surgido, nos dedicaremos al estudio de las poblaciones de tetuán, comenzando en este trabajo, por la determinación de su disposición espacial y la estimación del total de individuos de una población determinada, lo que se desarrollará a través de la distribución binomial negativa.

ESTIMATION OF THE SIZE OF TETUAN'S POPULATIONS (*CYLAS FORMICARIUS*) THROUGH THE NEGATIVE BINOMIAL DISTRIBUTION.

ABSTRACT

La rusticidad y los altos rendimientos potenciales del boniato lo han convertido en uno de los cultivos más importantes para los países en desarrollo ocupando, a nivel mundial, el tercer lugar en el grupo de raíces y tubérculos. Cuba no es una excepción y actualmente el boniato tiene la más alta prioridad por parte del Ministerio de la Agricultura y alcanza una significación similar al cultivo de la papa.

Due to its rustic way of growing and the high level of efficacy, the sweet potato has become one of the most important growings in the developing countries all around the world, and it has reached the third place in the group of tubers. Cuba is not an exception to the rule, and

today, sweet potato is as important as potato and it has high priority in the Ministry of Agriculture.

The main limiting factor in the production of sweet potato in our conditions is the tetuán (*Cylas formicarius*), due to the damage increase together with the resulting decrease of the global efficacy and the tuber with commercial quality.

As part of the strategy to face plague problems, some techniques have been developed through the study of insect populations in their environment. It has allowed us the adequate management of certain factors to avoid the increase of harmful population.

The study of those populations and the damage plagues provoke to the crops, is considered a essential aspect in the protection of plants, in which decisions depend, among other factors, on the spatial distribution, what offers basic information for the interpretation of the space structure, the design of efficient sampling programs, the estimation of populations and the management integrated to plagues.

So as to solve the problems that in this field have appeared, we will devote ourselves to the study of Tetuan populations, starting in this work for the determination of its spatial distribution and the total estimation of individuals in a given population. This will be developed through the negative binomial distribution.

INTRODUCCION

La rusticidad y los altos rendimientos potenciales del boniato lo han convertido en uno de los cultivos más importantes para los países en desarrollo ocupando, a nivel mundial, el tercer lugar en el grupo de raíces y tubérculos (*Jansson y Raman, 1991*). Cuba no es una excepción y actualmente el boniato tiene la más alta prioridad por parte del Ministerio de la Agricultura y alcanza una significación similar al cultivo de la papa.

El principal factor limitante de la producción boniatera en nuestras condiciones es el tetuán (*Cylas formicarius*) debido al notable incremento de los daños con la consiguiente disminución de los rendimientos globales y de los tubérculos con calidad comercial. La magnitud del problema alcanzó cifras alarmantes en el verano de 1994 y a partir de esa fecha se puso de manifiesto, con urgencia, la necesidad de descubrir las causas de este fenómeno y acometer acciones encaminadas a reducir los niveles poblacionales de esta plaga hasta los límites económicamente aceptables.

Como parte de la estrategia para enfrentar los problemas de plagas, se han desarrollado técnicas mediante el estudio de las poblaciones de insectos en su medio ambiente, que permiten un manejo adecuado de ciertos factores para evitar el incremento de las poblaciones perjudiciales.

El estudio de dichas poblaciones y el daño que las plagas provocan a los cultivos, es considerado un aspecto muy importante en la protección de las plantas, en la que las decisiones que se tomen dependen, entre otros factores, de la disposición espacial de las mismas, lo que brinda información básica para la interpretación de la estructura espacial, el diseño de los programas eficientes de muestreo, la estimación de las poblaciones y el manejo integrado de plagas.

Por cuanto la determinación del número exacto de individuos de una población es siempre de gran dificultad, se hace necesario la aplicación de técnicas de muestreo que permiten estimar su tamaño, basándose en una enumeración incompleta de los individuos que componen la población, mediante la selección de una muestra de ella.

En el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), existe un proyecto de investigación encaminado a la búsqueda de nuevas alternativas de combate que puedan ajustarse a los cambios ocurridos en los agroecosistemas y complemente los métodos ya conocidos, a fin de hacerlos más radicales. La ejecución de este proyecto contempla estudios taxonómicos, búsqueda de variabilidad genética por métodos convencionales, empleo de los diferentes métodos de selección y desarrollo de enemigos naturales, entre otros, pero lo que nos ocupa es especialmente la técnica de utilización de feromonas y la esterilización de los machos de *Cylas* mediante radiaciones con ⁶⁰Cobalto, todo lo cual permitirá perfeccionar la estrategia para el manejo integrado del tetuán del boniato.

En aras de resolver los problemas que en este campo han surgido, nos dedicaremos al estudio de las poblaciones de tetuán, comenzando en este trabajo, por la determinación de su disposición espacial, para de esta forma poder llegar a una estimación del total de individuos de una población determinada.

MATERIALES Y METODOS

Se conocen tres tipos de disposiciones espaciales en dependencia de las características del espacio y los organismos que lo habitan:

- *Disposición al azar*: donde los individuos se ubican en forma aleatoria en el espacio.
- *Disposición regular*: donde los individuos se encuentran a una distancia equidistante uno del otro.
- *Disposición agregada, apiñada o contagiosa*: en la que los individuos se agrupan en ciertos puntos de espacio. Esta ubicación ocurre respondiendo a la existencia de un medio heterogéneo, donde los factores o condiciones varían de un punto a otro o cuando aún siendo un hábitat homogéneo, existan interacciones positivas entre los miembros de la población.

Esta última forma de disposición es la más común dentro de las poblaciones animales (habiendo sido reportada por varios autores) especialmente en las poblaciones de insectos. Para ello existen varias formas de evaluación de esta disposición como por ejemplo la regresión de Iwao, la distancia del vecino más cercano, el coeficiente de Green, la ley de potencia de Taylor, la de Neyman tipo A, la logarítmica y la **binomial negativa**, entre otras, la que es comúnmente utilizada en los modelos biológicos y especialmente en la Entomología.

Si se dividiera un campo en partes iguales y se contara cuántas plantas de una especie se tendría en una de esas partes o cuántos insectos de un género determinado se encontrarían, se estaría en presencia de una distribución de frecuencia que determina cuántos individuos de una especie determinada se agrupan en un área dada.

Es exactamente este fenómeno lo que se puede deducir del desarrollo de una *distribución binomial negativa*, la cual está definida completamente a través de dos parámetros: la media aritmética \bar{x} y el exponente k , donde

$$s^2 = z_i \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m z_i x_i \quad y \quad k = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}} \quad (1)$$

Con el desarrollo de la serie $(q - p)^{-k}$ se obtiene la probabilidad de que la unidad observada tenga una cantidad de $x = 0, 1, 2, \dots$ individuos mediante de la fórmula:

$$P_x = \binom{k+x-1}{x} p^x q^{-(x+k)} = \frac{(k+x-1)! R^x}{x!(k-1)! q^k} \quad (2)$$

donde $R = \frac{p}{q}$.

Multiplicando la probabilidad obtenida para un valor de la x dado por el número total de la unidad n podremos calcular la frecuencia esperada (F_x) del todo con x individuos, quedando:

$$F_x = n P_x \quad (3)$$

ANALISIS Y DISCUSION

Si definimos ahora la dispersión de *Cylas formicarius* dentro del campo como el arreglo espacial de un organismo en un espacio determinado, es decir en una parcela o campo, por ejemplo, sabemos que esta distribución no es aleatoria, ya que este insecto muestra patrones de agregados o grupos como muchas otras poblaciones de insectos.

En nuestros campos de experimentación, se realizan continuamente investigaciones cuya finalidad es reducir las poblaciones de tetuán existentes. De uno de estos experimentos obtuvimos los siguientes datos, los que vamos a procesar utilizando la *distribución binomial negativa* (2), con el objetivo de poder dar un estimado de la densidad de estas poblaciones y continuar el estudio de las mismas, en vistas a controlar su crecimiento.

Número de <i>Cylas formicarius</i> (x_i)	Cantidad de plantas observadas (z_i)
0	70
1	38
2	17
3	10
4	9
5	3
6	2
7	1
8	0

$n = 150$

Como n en este caso es el tamaño de la muestra, denotaremos al exponente de la distribución binomial negativa por k , el cual se calcula a través de (1) obteniéndose:

$$k = \frac{(1,14667)^2}{2,27365 - 1,14667} = \frac{1,3148}{1,1298} = 1,1667$$

Calculando la media \bar{x} y s^2 mediante (1) se obtiene que $\bar{x} = 1,14667$ y $s^2 = 2,27365$.

Las probabilidades p y q se calculan utilizando las fórmulas $\bar{x} = k p$ y $s^2 = k p q$ de donde

$$p = \frac{1,14667}{1,16670} = \mathbf{0,9828} \text{ y } q = \frac{2,27365}{\bar{x}} = \frac{2,27365}{1,14667} = \mathbf{1,9828}$$

La serie quedaría de la forma $(1,9828 - 0,9828)^{-1,1637}$, cuyo desarrollo comienza con el cálculo de la frecuencia para $x = 0$ a partir de (3).

$$F_0 = n P_0 \text{ (} P_0 \text{ se halla mediante la fórmula (2))}$$

$$F_0 = \frac{n}{q^k} = 150 / (1,9828)^{1,16670} = 150 / 2,2224 = \mathbf{67,49}$$

Los siguientes valores para $x = 1, 2, 3, \dots$ se obtienen de la ecuación $F_x = \frac{(k + x - 1)}{x} R F_{x-1}$

de forma iterativa, con $R = \frac{p}{q}$. El resultado de esta labor se ofrece en la siguiente tabla en la columna de frecuencia calculada:

Número de <i>Cylas formicarius</i> (x_i)	Frecuencia observada (z_i)	Frecuencia calculada
0	70	67,49
1	38	39,02
2	17	20,94
3	10	10,95
4	9	5,65
5	3	2,89
6	2	1,47
7	1	0,74
8	0	0,37
	$n = 150$	149,52

CONCLUSIONES

Se puede plantear que esta distribución binomial negativa se corresponde de una manera bastante satisfactoria con la realidad cuando comparamos la frecuencia observada con la frecuencia calculada, por lo que se considera adecuado continuar las investigaciones partiendo de los resultados que a través de ella podemos obtener.

Para corroborar esta afirmación se realizó una bondad de ajuste utilizando el Software STATGRAPHICS (Statistical Graphics System), quien a través de una distribución de χ^2 -Cuadrado reveló los siguientes resultados.

Prueba de bondad de ajuste Chi cuadrado

Frecuencia Observada	Frecuencia Esperada	Chi-Cuadrado
70	67.5	0.0933
38	39.6	0.0267
17	20.9	0.7413
10	11.0	0.0824
9	5.7	1.9863
6	5.7	0.0514

Chi-Cuadrado = 2.28141 con 5 g.l.

Nivel de significación = 0.702853

Este resultado corrobora por tanto el buen ajuste existente entre los datos tomados de la muestra y los calculados.

Se puede concluir además que a partir de este trabajo es posible estimar el número de *Cylas formicarius* que se encuentran en un área determinada, antes y después de usar feromonas y machos estériles, lo que facilita conocer con rigor estadístico los cambios que experimentan las poblaciones de acuerdo a los medios y métodos de control empleados.

La reducción de la densidad ocurrirá en el tiempo, por lo que es de vital importancia el conocer el todo del que se parte.

Existen estudios de este método de control de la plaga en cuestión, lo que traería una disminución de estas poblaciones a niveles inimaginables, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Generación	# insectos	# insectos estériles liberados	Proporción estériles - fétil	% de esterilidad	# insectos que continúan fértiles	Taza de Multiplicación
P	1 000 000	9 000 000	9:1	90	100 000	5 X
F1	500 000	9 000 000	18:1	94.7	26 316	"
F2	131 579	9 000 000	68:1	98.6	1 896	"
F3	9 480	9 000 000	949:1	99.9	10	"
F4	50		1800:1	99.99945	< 1	"

Teniendo en cuenta la distribución probabilística desarrollada en este trabajo, sería más fácil determinar el número aproximado de insectos en un área dada y poder así liberar la cantidad de machos estériles recomendadas en el ejemplo anterior.

Este esquema indica la imperiosa necesidad de continuar los estudios sobre esta plaga del boniato, para poder modelar las mismas en aras de conocer en qué tiempo se puede lograr esta reducción de las poblaciones, lo que traería consigo el aumento de los rendimientos del boniato en nuestro país.

REFERENCIAS

- Avilés Pacheco, R. et al. (1995):** Proyecto de investigación: Nuevo enfoque multidisciplinario para la lucha integrada contra el tetuán del boniato (*Cylas formicarius*) en Cuba, INIFAT.
- Cabrera Campos, Alcides (1997):** Distribuciones probabilísticas y algunas aplicaciones a las ciencias agropecuarias. Tesis de Maestría.
- Itô, Y. & Iwahashi, O. (1994):** Ecological problems associated with an attempt to eradicate *Dacus dorsalis* (Tephritidae:Diptera) from the Southern Islands of Japan with a recommendation on the use of the sterile-male technique, International Atomic Energy Agency, Vienna, 136 pp.
- Jansson, K. R. & Raman, K. K. (1991):** Sweet potato pest management. A global perspective. Westview Press, Boulder, San Francisco, Oxford, 458 pp.
- Mac Sorley R. & Jansson K.R. (1992) :** Spatial Patterns of *Cylas formicarius* in sweet potato fields and development of a sampling plan. Homestead, Florida 33031 USA, 157-167 pp.
- Weber, E. (1972):** Grudniss der biologischen Statistik, VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1972. Alemania.