

TAMAÑO OPTIMO RELATIVO DE MUESTRA PARA EVALUAR NEMATODOS EN CAMPOS CAÑEROS [OPTIMUM RELATIVE SAMPLE SIZE FOR EVALUATION OF NEMATODES IN SUGAR CANE FIELDS].

Elsa Carbonell T., Eladio Angulo A., Instituto Central de Investigaciones Azucareras, ICIA - CECOAAP Aptdo. 22 - Casa Grande, Trujillo, Perú.

Aceptado:

8.II.1979

Accepted:

RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en un campo sembrado con el cultivar H-32-8560, de un mes de edad y en tercer corte, suelo de textura franca y pH ligeramente alcalino.

Para los fines de muestreo se procedió a delimitar 1 ha en 6 zonas diferentes del campo, y se tomaron muestras al azar en 5, 10, 15, 20, 25 y 30 sitios/ha, a las profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm. Cada conjunto de muestras fue homogenizado y analizado por separado mediante el método "Embudo de Baermann".

Para la obtención del tamaño de muestra óptima relativa, se asumió que conocer con precisión dicha cantidad otorga un beneficio igual al gasto que ocasiona, y que es necesario para tal conocimiento tomar muestras en 100 sitios/ha, que corresponde a la máxima eficiencia relativa, es decir 1. En base a lo expuesto, se ha calculado la eficiencia de las diversas densidades de muestreo, desde 5 hasta 100 sitios/ha, determinándose que el óptimo relativo es de 24 sitios/ha, a la 1era. profundidad (0-30 cm) en cada punto de muestreo.

Claves: Tamaño de muestra, distribución de nematodos, técnicas de muestreo, Helicotylenchus, Hemicycliophora, servicios de diagnosis.

INTRODUCCION

La determinación precisa de las densidades de población de nematodos fitoparásitos en campos cultivados presenta algunas dificultades debido a la complejidad de la dinámica natural que fluctúa con las variaciones poblacionales en el tiempo y en el espacio ocasionadas por la influencia de una serie de factores entre los cuales podemos mencionar: cultivar sembrado, textura y estructura del suelo, periodicidad y volumen de riego, y otros.

En términos generales poco es el progreso logrado en el desarrollo de técnicas de muestreo de suelo para evaluar poblaciones nematológicas, siendo todavía los más usados los básicos procedimientos de Cobb (1). La importancia de evaluar con mayor precisión las poblaciones de nematodos fitoparásitos se hace sentir en el cultivo de la caña de azúcar. En el Perú, el muestreo de suelos cañeros siempre ha sido un verdadero problema debido al costo y a la escasez de la mano de obra, lo cual hace difícil la obtención de una alta eficiencia en esta operación. Muchos son los factores que intervienen para determinar la verdadera eficiencia en un muestreo de suelos para evaluación nematológica, siendo uno de los más importantes el relativo a la densidad de muestreo en función de los costos de operación y de la precisión obtenida en la determinación de las poblaciones.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en un campo cuyo suelo era de textura franca y su pH

ligeramente alcalino al igual que la mayoría de los suelos existentes en los terrenos azucareros del Perú. En el campo se encontraba sembrado el cultivar de caña de azúcar H-32-8560, con un mes de edad en su tercer retoño. El campo se dividió en 6 zonas diferentes (repeticiones) de una hectárea, en cada una de las cuales se tomó muestras en 5, 10, 15, 20, 25, y 30 sitios. Cada conjunto de muestras fue homogenizado para luego obtener 1, 2, 3, 4, 5, y 6 submuestras respectivamente. Las muestras fueron tomadas con una broca tipo gusano, a 10 cm del pie de la cepa y a las profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm por ser el perfil de 0 a 60 donde se encuentra la mayor densidad de población nematológica. Esta información se obtuvo en un estudio previo al experimento en el cual se tomaron muestras hasta los 120 cm en el mismo campo.

Para la extracción de nematodos se usó el método del "Embudo de Baermann". El trabajo está basado en la determinación de los géneros *Helicotylenchus* y *Hemicycliophora* que fueron los predominantes en el campo estudiado; así mismo, se tomó en cuenta el total de nematodos que incluye otros géneros existentes.

Los datos obtenidos se analizaron mediante el siguiente modelo matemático (2):

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + P_j + RP_{ij} + M_k + PM_{jk} + S_l(jk) + e_{ijkl}$$

datos:

$$i = \overline{1,6} \text{ (6 cuarteles o repeticiones)}$$

$$j = \overline{1,2} \text{ (2 profundidades: 0-30 cm y 30-60 cm)}$$

$$k = \overline{1,6} \text{ (6 densidad de muestreo: 5, 10, 15, 20, 25 y 30)}$$

$$l = \overline{1, n_{jk}} \text{ (6 magnitud de submuestreo: 1, 2, 3, 4, 5, 6)}$$

El modelo nos sirvió principalmente para estimar los diferentes componentes de varianza, así como la varianza bajo condiciones de observación que en el futuro se consideren normales.

Con la finalidad de determinar nuestra densidad óptima relativa de muestreo los datos fueron analizados bajo los criterios de eficiencia relativa de muestreo y costos relativos del mismo. Para obtener el costo de muestreo hemos tomado en cuenta el valor de la muestra tomada en campo (aproximadamente \$12.90) más el costo de su procesamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 observamos que existe un efecto altamente significativo de repetición y profundidad para los géneros *Helicotylenchus* y *Hemicycliophora*, además del total de nematodos, mientras que el factor densidad de muestreo sólo mostró significación para el género *Helicotylenchus*. La interacción profundidad y densidad de muestreo, así como el sub-muestreo no fueron significativos. La no significación del sub-muestreo, nos indica que el proceso de homogenizado de muestra es bueno, no siendo necesario, por tanto, la toma de más de una submuestra para la extracción de nematodos.

Previo a la obtención de la densidad óptima de muestreo, y con la finalidad de determinar los componentes de varianza, se empleó el análisis de varianza efectuado para el total de nematodos, en el cual se puede observar los siguientes componentes cuyos estimadores pueden deducirse del cuadro 1

$$\sigma_T^2 = \sigma_R^2 + \sigma_S^2 + \sigma_P^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2$$

Cuadro 1. Significación del AN-VA para los géneros *Helicotylenchus* (Hel) y *Hemicyclophora* (Hm) y total de nematodos.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Significación		
		Hel	Hm	Total (S.C.)
1. Repetición	5	**	**	** (234,880)
2. Profundidad	1	**	**	** (94,695)
3. Error PI	5			(3,085)
4. Densidad	5	*	NO	NO (5,553.3)
5. P*D	5	NO	NO	NO (1,571.7)
6. S(P*D)	30	NO	NO	NO (31,950)
7. Error SP	200			(221,995)
8. Total	251			(593,640)

Existe una estrecha interrelación entre la cantidad de nematodos existentes a las profundidades de 30, 60, 90 y 120 cm (cuadro 2).

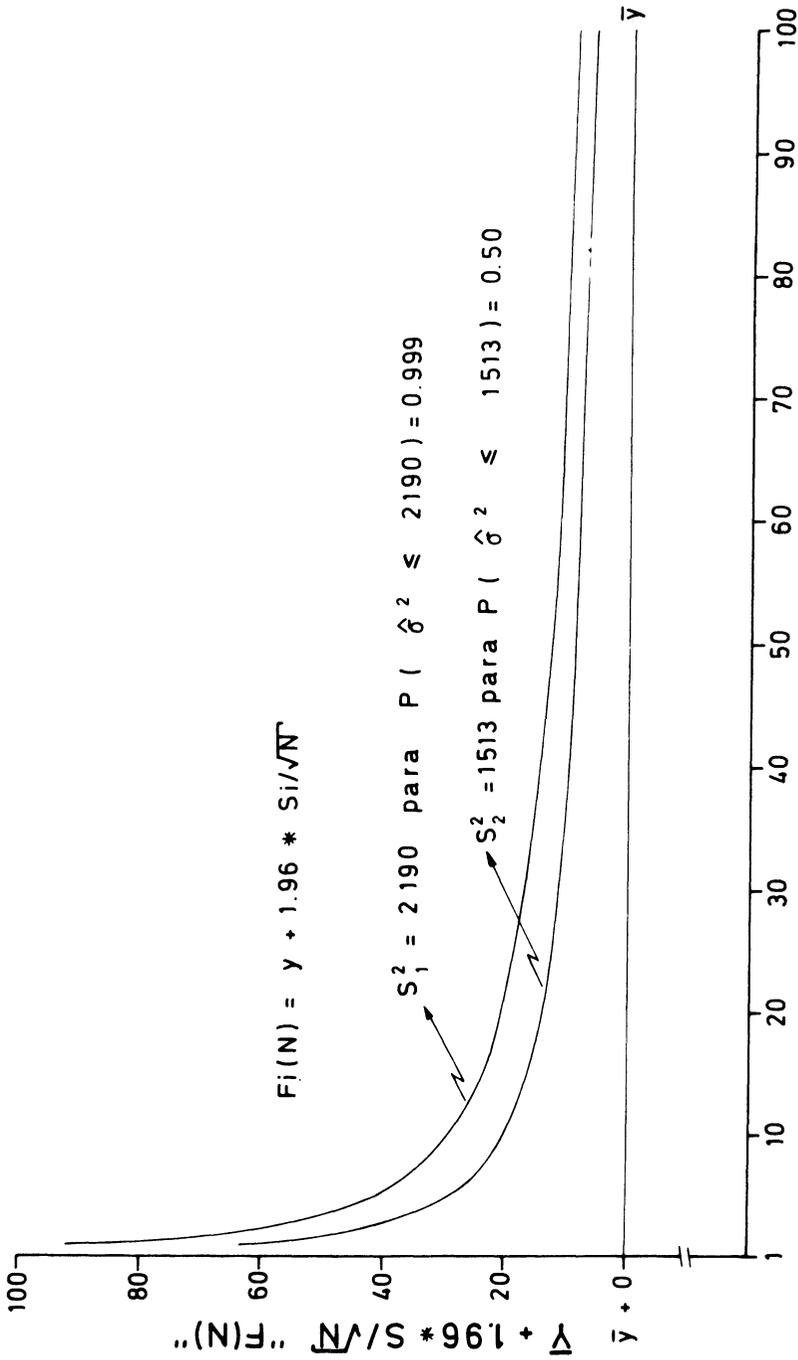
Cuadro 2. Distribución de la población de nematodos en el perfil del suelo (%)

Profundidad (cm)	Género de Nematodos		
	Hel*	Hm*	Total
0-30	64	47	53
30-60	22	30	27
60-90	10	16	14
90-120	4	7	6

*Hel: *Helicotylenchus*; Hm: *Hemiciclyophora*

Teniendo en cuenta la operatividad en campo, se deberá observar sólo la cantidad de nematodos a la primera profundidad y necesitaremos un estimador de varianza que incluya los efectos de profundidad, densidad de muestreo, y del error experimental propiamente dicho, es decir: $\sigma_T^2 = \sigma_R^2 + \sigma_S^2 + \sigma_E^2$, para lo cual será necesario fusionar las sumas de cuadrados 2, 3, 4, 5 y 7 del cuadro 1, y de este modo obtener $\sigma_E^2 = 1513$, así como $P \left[\sigma_E^2 \leq 2,190 \right] = 0.995$ (4), que es la probabilidad de que nuestra varianza estimada para condiciones operacionales futuras sea a lo más 2,190, y de este modo la desviación estándar estará dada por la siguiente función: $S_{(N)} = \sqrt{\frac{2,190}{N}}$ donde N es el número de muestras/ha.

Con la finalidad de dar las eficiencias relativas a la densidad de muestreo (N) es necesario construir intervalos de confianza del 95% $(\bar{y} \pm 1.96 \sqrt{\frac{S^2}{N}})$ para el promedio total (3), y de este modo observar en la figura 1 el comportamiento de la mitad derecha de este intervalo, para las densidades de muestreo desde 1 hasta 100 puntos/ha, considerando inclusive 2 varianzas operacionales (2,190 y 1,513). Podemos apreciar que el



PUNTOS DE MUESTREO POR ha : "N"

Fig. 1. Intervalo del 95% de la población nematológica en función de la densidad de muestreo.

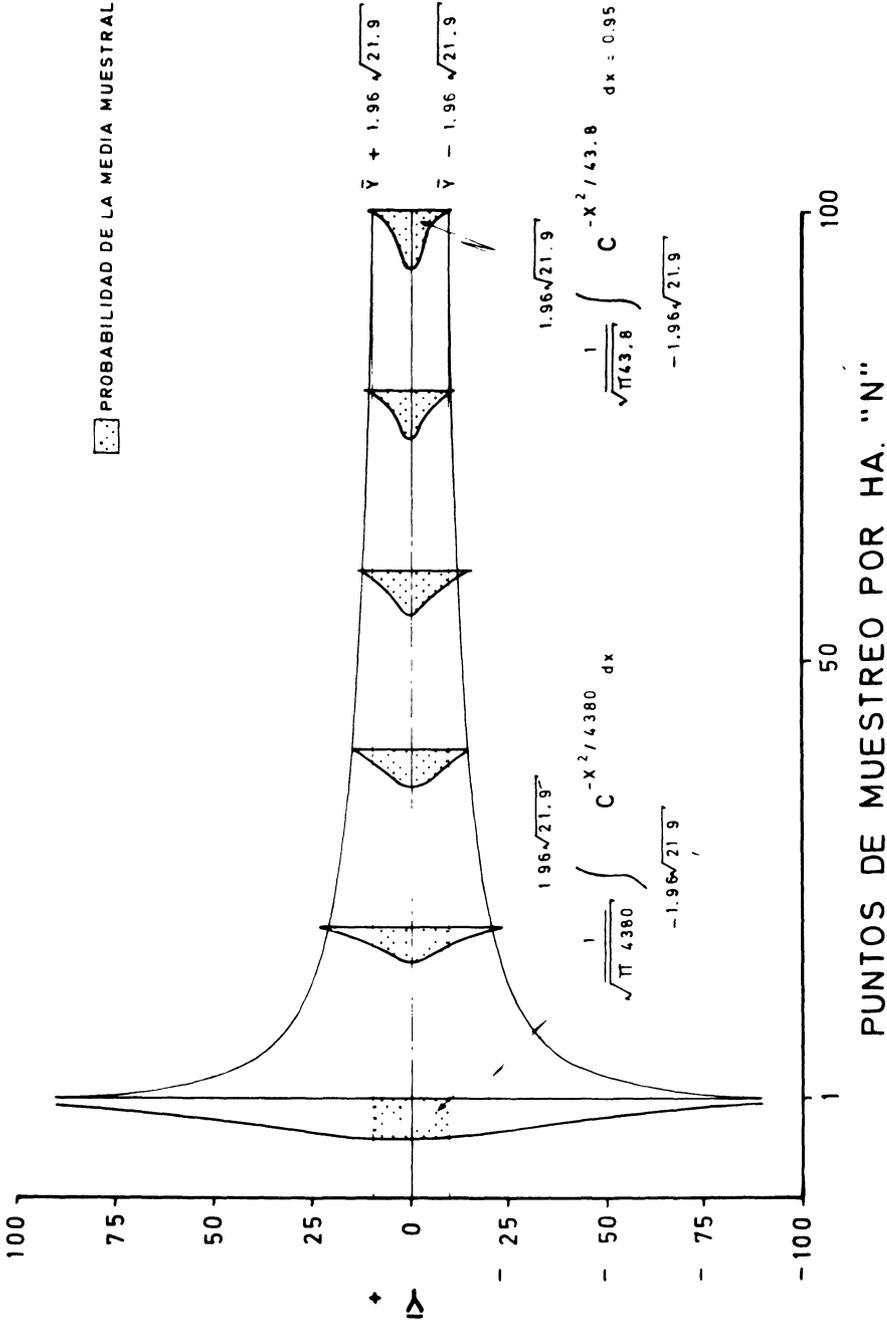


Fig. 2. Intervalo de confianza del 95% en función del tamaño de muestra, para nematodos; y probabilidades de la media muestral bajo los límites del tamaño 100.

Cuadro 3. Amplitud de confianza al 0.95, probabilidad y eficiencia relativa para la densidad de muestreo nematológico.

Tamaño de Muestra	Amplitud positiva al 0.95	Prob. Relativa a N: 100	Eficiencia Relativa
1	91.72	0.078	0.1635
5	41.02	0.169	0.3566
10	29.00	0.232	0.4890
15	23.68	0.276	0.5812
20	20.51	0.309	0.6518
25	18.34	0.336	0.7083
30	16.75	0.358	0.7547
35	15.50	0.377	0.7934
40	14.50	0.392	0.8262
45	13.67	0.46	0.8544
50	12.97	0.417	0.8781
60	11.84	0.436	0.9168
70	10.96	0.449	0.9462
80	10.25	0.460	0.9688
90	9.67	0.469	0.9863
100	9.17	0.475	1.0000
24	18.72	0.3315	0.6979

estrechamiento del intervalo a partir de 90 ó 100 puntos/ha es prácticamente nulo, por lo que asumimos que 100 sitios/ha nos brinda la mejor precisión operacional posible a la cual le otorgamos la máxima eficiencia relativ, es decir 1. En base a esta densidad se

obtuvieron las eficiencias relativas de las densidades menores, mediante el criterio de comparación de las probabilidades bajo las funciones de distribución probabilística del promedio muestral, de cada densidad de muestreo, en el intervalo del 95% correspondiente a la densidad de 100 sitios/ha, como se puede observar en la Figura 2. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$E(N) = \frac{\int_a^b \frac{1}{\sqrt{\frac{4380}{N}}} e^{-\frac{x^2}{4380/N}} dx}{0.95} ; \text{ donde : } \begin{matrix} a = -1.96 \sqrt{21.9} \\ b = 1.96 \sqrt{21.9} \end{matrix}$$

Los resultados de estas eficiencias para algunas densidades de muestreo se aprecian en el cuadro 3. La función de costos relativos de las diversas densidades de muestreo, con relación a N = 100, se observa en la Figura 3 con la siguiente expresión: C(N)= 0.01*N.

Si asumimos que el beneficio de la precisión obtenida con 100 sitios/ha, es igual al costo total (muestreo en campo más procesamiento en laboratorio) tendremos que E(N) y C(N) graficados (Fig. 3) están expresados en la misma unidad, y por tanto es posible obtener el óptimo buscado despejando N de la siguiente expresión: $\frac{d}{dN} E(N) = 0.01$

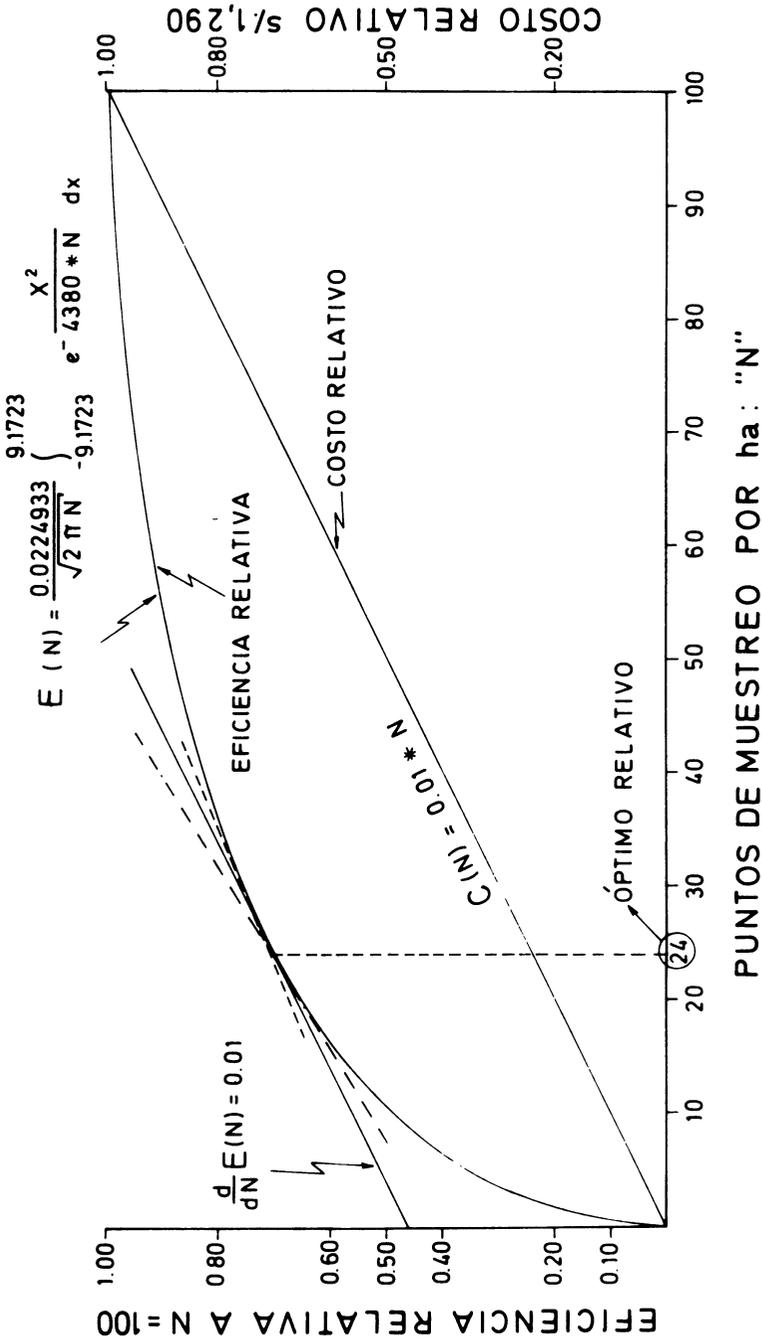


Fig. 3 Eficiencia y costo relativos de la densidad de muestreo para evaluar nematodos en caña de azúcar.

Objetivamente (Fig. 3) ésto se cumple sólo para $N = 24$, lo cual nos indica que la muestra óptima relativa para evaluar nematodos en caña de azúcar en nuestro medio, es de 24 sitios/ha, lo cual nos da una eficiencia de determinación de 0.70 con respecto a 100 sitios/ha.

Se habla de eficiencia relativa, por cuanto la asunción de igualdad de costo y beneficio para 100 puntos/ha podría no cumplirse, y darse el caso de que la densidad óptima sea mayor o menor, según que el costo total sea menor o mayor que el beneficio obtenido por la precisión.

CONCLUSIONES

1. Teniendo en cuenta los costos de operación y la precisión en la determinación de las poblaciones nematológicas, el tamaño óptimo relativo de muestra en nuestros campos cañeros es de 24 sitios/ha, con una eficiencia del 70%.

2. El método de homogenización empleado, es de buena aceptación, siendo solo necesaria una submuestra para cada conjunto homogenizado.

3. El carácter relativo del óptimo obtenido, podrá constituirse en definitivo, cuando se conozca con precisión la incidencia económica de los fitonematodos en caña de azúcar.

ABSTRACT

A study to determine the optimal sample size of sample for evaluation of nematode infestation was conducted in a field with one-month old sugarcane (H-32-8580) in its second ratoon stage. The soil was a sandy loam with slightly alkaline pH. Six different one hectare portions of the field were chosen for the study in each of which were collected 5, 10, 15, 20, 25, and 30 cores at depths of 0-30 cms and 30-60 cms. Each sample was homogenized and analyzed separately by a Baerman funnel technique. To obtain the relative optimal sample size it was assumed that a precise estimate of the nematode population could be obtained with 100 cores/ha for which sampling density the cost-benefit ratio was equal and corresponded to the maximal relative efficiency value (equal to 1.0). On the basis of these assumptions we calculated sampling efficiencies for densities varying from 5 to 100 cores/ha and determined that the relative optimal density was of 24 cores/ha in the 0-30 cms depth.

Key Words: sampling size, nematode distribution, sampling techniques, *Helicotylenchus*, *Hemicycliophora*, diagnostic services.

REFERENCIAS

1. Cobb, N.A. (1918). Estimating the nema population of the soil. Agr. tech, Cer. U.S. Dept. Agr. Bur. Plant Industry; 2. Graybill, F. (1961). An Introduction to Linear Statistical Models - Vol. I, McGraw-Hill. New York, 463, pp; 3. Hald, A. (1952). Statistical Theory with Engineering Applications, J. Wiley, Japan, 783 pp; 4. Mood, A y F. Graybill (1963). Introduction to the Theory of Statistics, McGraw Hill, Japan, 443 pp.