TAMAÑO DE MUESTRA Y REPLICAS OPTIMAS PARA LA DETERMINACION DEL RENDIMIENTO AGRICOLA EN EXPERIMENTOS DE CAÑA DE AZUCAR (Saccharum sp.)

MIRIAM ALVAREZ, G. GALVEZ Y R. ORTIZ

INSTITUTO DE CIENCIA AGRICOLA
GAVETA POSTAL Nº I,
SAN JOSE DE LAS LAJAS, LA HABANA

En 5 experimentos de caña de azúcar se tomaron 12-15 tallos en cada uno de los 4-5 surcos de cada parcela, para estimar el rendimiento agrícola después de haber contado el total de tallos en toda el área de cálculo, con el objetivo de verificar si este método de estimación era factible de realizar en este tipo de experimentos. Para esto utilizamos el modelo matemático siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \gamma_i + t_j + e_{ij} + u_{ijk}$$

μ = media general

γ_i = efecto de las réplicas

t_j = efecto de los tratamientos

e_{ij} = error experimental de la parcela (ij)

u_{ijk} = error de muestreo de la k-ésima observación de la parcela (ij).

A partir de los estimados de varianza se calculó el tamaño de la muestra (s) óptimo y el número de repeticiones (r), dando como resultado que los tamaños de muestra variaron de 20 a 52 tallos por parcela a medida que el número de réplicas disminuía de 5 a 3.

Determinar el rendimiento en una parcela experimental de caña de azúcar es una labor que resulta a veces muy complicada y a la vez bastante costosa. Se han cometido en ocasiones errores al momento de la cosecha, producto de las cañas caídas, así como de los surcos de borde y barreras del experimento. En nuestro país, donde la mano de obra es escasa para realizar este tipo de trabajo, se ha hecho necesario estudiar algunos métodos de muestreo para determinar el rendimiento agrícola sin necesidad de cortar la parcela completa.

Varios autores, como De Sornay y Davidsen (1959) y Herbert (1963) estudiaron diferentes métodos de muestreo determinando que el método "standard" (calculado a partir del número de tallos de la parcela y el peso promedio de un tallo) era el que mejores resultados ofrecía, tomando de 45-60 tallos por parcela repartidos en los 3 surcos centrales.

El objetivo del presente trabajo fue el de utilizar este método para calcular el tamaño de muestra y réplicas adecuados en nuestras condiciones.

MATERIALES Y METODOS

En el presente trabajo se tomaron los datos de 5 experimentos en caña de azúcar dispuestos en bloques al azar, cuyas características para su mejor comprensión aparecen en la Tabla 1.

TABLA 1. Características generales de los experimentos.

Experimentos	Tratamientos y réplicas	Area de cálculo	Ubicación	Fecha de cosecha
Exp. 1	10 variedades 3 réplicas	96 m^2	Bainoa	20-4-76
Exp. 2	3 variedades 4 réplicas	120 m^2	Bainoa	24-2-77
Exp. 3	3 variedades 4 réplicas	120 m^2	Bauta	18-2-77
Exp. 4	5 Niveles de Co_3Ca con cachaza 4 réplicas	75 m^2	Bainoa	4-4-77
Exp. 5	5 Niveles de Co_3Ca 4 réplicas	75 m^2	Bainoa	4-4-77

Los muestreos se efectuaron después de quemar la caña y previo a la cosecha de la caña planta, tomando 15 tallos en cada uno de los 4 surcos centrales de cada parcela para el Exp. 1, y 12 tallos de la misma forma para el resto de los experimentos.

El rendimiento agrícola se determinó a partir de los pesos de esas muestras y del número de tallos en toda el área de cálculo.

El modelo matemático empleado fue el descrito por Kempthorne (1952):

$$y_{ijk} = \mu + \gamma_i + t_j + e_{ij} + \eta_{ijk}$$

donde:

μ = media general
γ_i = efecto de las réplicas
t_j = efecto de los tratamientos
e_{ij} = error experimental de la parcela (ij)
η_{ijk} = error de muestreo de la k-ésima observación de la parcela (ij)

Se realizaron las estimaciones del tamaño de muestra -- (s) y del número de réplicas (r) calculando los costos fijos y variables por parcela. Se consideraron como fijas todas - las labores previas a la cosecha, y como variables las labores de cosecha, ya que, como plantea Kempthorne, éstas de- - penden del tamaño de la muestra.

Las tablas del número de réplicas para determinar diferencias significativas de 10, 20 y 30 tm de caña por ha fueron tomadas de las confeccionadas por Menchaca (1974) para - Δ= 1, 2, 3 en el caso de diseño de bloques al azar.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los análisis de varianza efectuados para cada uno de los experimentos se estimaron las componentes de la varianza σ_S^2 y σ_E^2.

TABLA 2. Componentes de la varianza para cada uno de los -- experimentos.

	Rep. x Tratam.		Muestras dentro de trat. y parc.	
	G.L.	σ_θ^2	G.L.	σ_S^2
Exp. 1	18	11373,0	420	257,1
Exp. 2	6	109,3	132	214,7
Exp. 3	6	553,6	132	490,1
Exp. 4	12	22,7	220	130,4
Exp. 5	12	44,0	220	66,9

Estos estimados fueron utilizados para calcular los -- diferentes tamaños de muestra en cada uno de los experimen-- tos (Tabla 3).

TABLA 3. Tamaño de muestras y -- réplicas.

Exp. 1	13(4) = 52 tallos	3
Exp. 2	6(5) = 30 tallos	5
Exp. 3	4(5) = 20 tallos	4
Exp. 4	11(5) = 55 tallos	5
Exp. 5	6(5) = 30 tallos	5

Los resultados obtenidos en los 5 experimentos comprueban la utilidad del método de muestreo standard que plantearon Hogarth y Skinner (1967). En todos los casos fueron tomados 60 tallos por parcela. En cambio, los resultados indican que en varios experimentos esta cifra puede disminuir, aunque en los experimentos en que esta cantidad fue menor de 50 no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. Por ello es importante tener en cuenta que para detectar diferencias entre tratamientos que pueden ser pequeñas (10 a 15 Tm/ha), sería necesario tomar un número de réplicas grande. Por esto, a partir de los valores calculados anteriormente, hallamos los valores de (razón entre las diferencias que queremos detectar y la desviación standard del error), siendo para 10 Tm muy cercano a 1; para 20 Tm muy cercano a 2 y para 30 Tm muy cercano a 3, por lo que utilizamos las tablas de Menchaca (1974) para los niveles de significación (α = ,05 y ,01) y las potencias de la dócima (β = ,70, ,80 y ,90) en diseños de bloques al azar, como una posible ayuda para saber fácilmente la cantidad de réplicas a utilizar en cada caso particular.

TABLA 4. Número de réplicas para diferencias de 10 Tm.

	α	,05			,01		
Tratam.	β	,70	,80	,90	,70	,80	,90
2		15	18	22	23	27	33
4		19	23	29	28	33	40
6		22	27	34	32	38	45
8		25	30	37	36	41	50
10		27	33	40	38	45	53
12		29	35	43	41	47	57
14		31	37	46	43	50	60
16		33	39	48	45	52	63
18		34	41	50	47	55	65
20		36	42	52	49	57	68

TABLA 5. **Número de réplicas para diferencias de 20 Tm.**

Tratam.	α ,05			,01		
	β ,70	,80	,90	,70		,90
2	6	7	8	8	9	11
4	6	7	9	9	10	12
6	7	8	10	10	11	13
8	7	9	11	11	12	14
10	8	9	11	11	12	15
12	8	10	12	11	13	15
14	9	10	12	12	14	16
16	9	11	13	13	14	17
18	10	11	14	13	15	17
20	10	12	14	13	15	18

TABLA 6. **Número de réplicas para diferencias de 30 Tm.**

Tratam.	α ,05			,01		
	β ,70	,80	,90	,70	,80	,90
2	4	5	5	6	6	7
4	4	4	5	5	6	7
6	4	5	6	6	6	7
8	4	5	5	5	6	7
10	4	5	6	6	6	8
12	5	5	6	6	7	8
14	5	5	6	6	7	8
16	5	6	7	6	7	8
18	5	6	7	7	7	9
20	5	6	7	7	8	9

Como se puede apreciar de las tablas anteriores, el número de réplicas que se deben tomar para detectar diferencias significativas entre tratamientos de 10 Tm o menos es bastante grande, ya que hay que tener en cuenta que el rendimiento se ha calculado a partir de una estimación de una muestra de 50 ó 60 tallos por parcela. Luego es conveniente conocer antes de montar el experimento las diferencias que se desean encontrar para decidir el número de repeticiones, así como si el investigador prefiere tener menor cantidad de réplicas, pero cosechar la parcela completa que por supuesto tiene mayor precisión. Al respecto, Hogarth y Skinner (1967) plantean que el método de estimación del rendimiento a partir de una muestra no es lógico si el criterio utilizado para evaluar este método de muestreo fuera el del número de réplicas necesario para una determinada precisión, calculando ésta en varios experimentos para algunos métodos de muestreo, obteniendo hasta 62 réplicas para tener el mismo grado de precisión que con la parcela completa. No obstante —dicen los autores—, alguna pérdida de precisión es inevitable debido al error de muestreo; sin embargo, los métodos de muestreo para el rendimiento dan buenos resultados, considerando, en general, que un método de muestreo es aceptable si ofrece estimados de las parcelas completas que sean insesgados y no conlleve grandes variaciones de muestreo.

Además, es bueno destacar que este método utilizado aquí puede emplearse sin dificultad, tanto en ensayos de variedades como en otro tipo de ensayos con los mismos resultados satisfactorios, siempre teniendo en cuenta las dificultades planteadas anteriormente en los casos en que las diferencias esperadas entre tratamientos sean menores de 25 tm/ha; ya que estos experimentos fueron realizados con 3 ó 4 repeticiones.

SAMPLE SIZE AND OPTIMUN REPLICATION FOR DETERMINING SUGARCANE YIEDL (SACCHARUM S/p)

Around 12 or 15 stalks from each 4 or 5 rows of every plot in 5 sugarcane experiments were taken, in order to determine

crop yield, after counting all stalks - - within the whole calculating area, with - the purpose of verifying if this estima-- ting method is feasible for this type of experiment. Thus, the following mathe- - matical formula was used:

Where: $y_{ijk} = \mu + r_i + t_j + e_{ij} + N_{ijk}$

M = common average

r_i = replication effect

T_j = treatment effect

C_{ij} = experimental error of the plot (ij)

y_{ijk} = sampling error of the Kth obser-- vation from the plot (ij)

Optimun sample size (s) as well as the -- number of replications (r) were calculated through the estimates of variance, result- ing that sample size varied from 20 to 53 stalks/plot when the number of replica- - tion decreased from 5 to 3.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al M.C. M.A. Menchaca, del -- Dpto. de Biometría del ICA (ISCAH), por - las facilidades para la utilización de -- las tablas para estimar tamaños de mues-- tras, así como por la revisión del trabajo.

REFERENCIAS

COCHRAR, W.G.: The estimation of the yields of cereal expe-- riments by sampling for the ratio of grain to to-- tal produce. Jour. Agr. Sci. 30, 262-275, 1940.

DE SORNAY, A. y O. DAVIDSEN: Relationships between growth of sugar cane and yield of cane at harvest. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Tech. 10th Cong., 390-398, 1959.

HEBERT, LEO P.: Estimating came yields in evaluating sugar - cane seedlings. Crop Sci., 3: 277-278, 1963.

HOGARTH, D.M. y J.C. SKINNER: A sampling method for measuring yields of sugar cane in replicated trials. technical communications Bureau of Sugar Experiment station Nº. 1, 1967.

KEMPTHORNE, O.: The design and analysis of experiments. John Wiley and Sons, 1952.

MENCHACA, M.A.: Tablas útiles para determinar tamaños de - - muestras en diseños de clasificación simple y de - bloques al azar. Rev. Cubana Cienc. Agric., 8: -- 111, 1974.

YATES, R.A.: Yields experiments techniques at Fairymead - -- Proc. Queensland Soc. Sugar cane tech. 29th conference, 131-134, 1962.

YATES, F. y ZACOPANAY, I.: The estimation of the efficiency of sampling with special reference to sampling for yields in cereal experiments. Jour. Agr. Sci. 25, 545-577, 1935.