

Determinación del tamaño óptimo de parcela en experimento con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) var. RV725.828

Determinação do tamanho ótimo de parcela em experimento com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) var. RV725.828

Determination of the optimal plot size in an experiment with sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) var. RV725.828

DOI: 10.34188/bjaerv8n1-031

Submetido: 16/08/2024

Aprovado: 15/01/2025

Guido Gustavo Humada González

Doctor en Estadística y Experimentación Agropecuaria por la Universidad Federal de Lavras
Universidad San Carlos, Docente investigador
Asunción. Paraguay
guido.humada@usc.edu.py

María José Martínez Escobar

Graduanda de la carrera de Ingeniería Agronómica
Universidad San Carlos, Estudiante
Asunción. Paraguay
maria.martinez2@usc.edu.py

Cindy Naomi Medina Santacruz

Graduanda de la carrera de Ingeniería en Zootecnia
Universidad San Carlos, Estudiante
Asunción. Paraguay
cindy.medina@usc.edu.py

RESUMEN

Este estudio aborda la problemática de determinar el tamaño óptimo de parcela experimental para caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con la finalidad de encontrar un balance óptimo entre el tamaño de la unidad experimental básica a ser utilizado y el coeficiente de variación para así mejorar la precisión experimental y realizar inferencias válidas. La investigación, realizada en 2023 en las coordenadas 25°37'12" S, 57°30'00" O tuvo como objetivo determinar el tamaño óptimo de la parcela experimental en caña de azúcar orgánica var. RV725.828 y para el efecto fue montado un experimento en blanco en un área útil de 80 m² donde la población en estudio (100 unidades experimentales básicas) fue manejada de manera uniforme, sin efecto de tratamientos. Las variables analizadas fueron los tamaños de las sub parcelas agrupadas y sus respectivos coeficientes de variación obtenidos mediante la evaluación del rendimiento de cada parcela. Los resultados evidencian la influencia del tamaño y la forma de las parcelas en la variabilidad de los datos, existe una relación inversa entre el coeficiente de variación y el tamaño de parcela. Basado en el modelo lineal segmentado con respuesta de plato, el tamaño óptimo de parcela de caña de azúcar var. RV725.828 es de 10,4 m². El tamaño de parcela no puede ser generalizado, depende del cultivo, variedad y densidad poblacional además del sistema de producción y condiciones edafoclimáticas del lugar donde se realizará el experimento.

Palabras clave: coeficiente de variación, modelos de regresión, precisión experimental, unidad experimental básica.

RESUMO

Este estudo aborda o problema de determinação do tamanho ótimo de parcela experimental para cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) com o a finalidade de encontrar um equilíbrio ótimo entre o tamanho da unidade experimental básica a ser utilizada e o coeficiente de variação para melhorar a precisão experimental e fazer inferências válidas. A pesquisa, realizada em 2023 nas coordenadas 25°37'12"S, 57°30'0"W, teve como objetivo determinar o tamanho ótimo da parcela experimental em cana-de-açúcar orgânica var. RV725.828 e para tanto foi montado um experimento em branco em uma área útil de 80 m² onde a população de estudo (100 unidades experimentais básicas) foi conduzido de maneira uniforme, sem efeito de tratamentos. As variáveis analisadas foram os tamanhos das subparcelas agrupadas e seus respectivos coeficientes de variação obtidos pela avaliação da produtividade de cada parcela. Os resultados mostram a influência do tamanho e forma das parcelas na variabilidade dos dados; existe uma relação inversa entre o coeficiente de variação e o tamanho das parcelas. Com base no modelo linear segmentado com resposta platô, o tamanho ótimo de parcela de cana-de-açúcar var. RV725.828 é 10,4 m². O tamanho da parcela não pode ser generalizado, depende da cultura, variedade y densidade populacional, além do sistema de produção e condições edafoclimáticas do lugar onde o experimento será realizado.

Palavras-chave: coeficiente de variação, modelos de regressão, precisão experimental, unidade experimental básica.

ABSTRACT

This study addresses the problem of determining the optimal size of the experimental plot for sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in order to find an optimal balance between the size of the basic experimental unit to be used and the coefficient of variation in order to improve experimental precision and make valid inferences. The research, carried out in 2023 at the coordinates 25° 37'12"S, 57° 30'0"W, aimed to determine the optimal size of the experimental plot in organic sugarcane var. RV725.828 and for this purpose a blank experiment was set up in a useful area of 80 m² where the study population (100 basic experimental units) was managed uniformly, without the effect of treatments. The variables analyzed were the sizes of the grouped subplots and their respective coefficients of variation obtained by evaluating the yield of each plot. The results show the influence of the size and shape of the plots on the variability of the data. There is an inverse relationship between the coefficient of variation and the plot size. Based on the segmented linear model with plate response, the optimal plot size for sugarcane var. RV725.828 is 10.4 m². The plot size cannot be generalized, it depends on the crop, variety and population density, as well as the production system and soil and climate conditions of the place where the experiment will be carried out.

Keywords: coefficient of variation, regression models, experimental precision, basic experimental unit.

1 INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una planta originaria del sureste de Asia, posiblemente de Nueva Guinea o de islas cercanas, cuyo cultivo se ha expandido a diversas regiones del mundo a lo largo de la historia. Entre las numerosas variedades, la RV725.828 resalta como una cepa híbrida avanzada, diseñada específicamente para mejorar rendimientos y resistencia, lo que ha generado un interés considerable en la industria azucarera debido a sus destacadas características

agronómicas. Si bien existe en la literatura informaciones referentes a trabajos de experimentación con el cultivo, estos contenidos se basan en la producción de caña en sistema convencional no así con manejo orgánico certificado. La agricultura orgánica no utiliza insumos químicos que podrían generar impacto negativo en el cultivo, suelo, agua, animales y personas, con ello, se busca obtener alimentos que contribuyan a la salud de los seres vivos (Céspedes, 2005). En vista a la escasa información existente sobre investigaciones con caña de azúcar producidas orgánicamente resalta la imperiosa necesidad de generar información certera y así desarrollar investigaciones relacionadas al manejo agronómico mediante trabajos de experimentación a campo ya que Paraguay es actualmente el principal exportador de azúcar orgánica en el mundo. Para obtener resultados confiables es necesario minimizar el error experimental que es la medida de variación existente entre las observaciones de las unidades experimentales básicas tratadas igualmente. Una alternativa para reducir el error experimental es la utilización de un planeamiento experimental adecuado basado, entre otras cosas, en tamaño de parcela acordes al cultivo. (Morais et al., 2014; Cargnelutti Filho et al., 2015., Humada González & Irala, 2023). La bibliografía especializada señala dos razones de primordial importancia para justificar la necesidad de estimar un tamaño y una forma óptimos de unidad experimental (Rodríguez et al.1993; Sánchez et al. 2006). Básicamente la primera es reducir el error experimental del ensayo; la segunda trata de aspectos económicos y prácticos, como ahorro de recursos económicos, insumos, área experimental y mano de obra. Otro factor influyente en la precisión experimental es la heterogeneidad del suelo que puede ser estudiando mediante los ensayos de uniformidad que son parcelas de tamaño considerable que se tratan de manera homogénea en toda su dimensión y que al momento de la cosecha se subdivide en parcelas más pequeñas (sub parcelas) las cuales se unen unas a otras para formar parcelas de diversas formas y tamaños. A estas parcelas resultantes, se les cuantifica el rendimiento a través de la adición correspondiente de los rendimientos de las unidades básicas próximas, el análisis de cada tipo de parcela se realiza utilizando el error probable, error habitual o el coeficiente de variación (Rosselló y Fernández, 1986; Kavitha, 2010).

Existen diferentes métodos para estimar el tamaño de parcela, la mayoría basados en ensayos de uniformidad analizados con modelos de regresión, entre entre los que se destaca el modelo lineal segmentado con respuesta plato, propuesto por Paranaíba et al. (2009). Con dichos elementos se planteo como objetivos determinar el tamaño óptimo de parcela experimental en caña de azúcar y analizar el comportamiento del coeficiente de variación en relación al tamaño de parcela.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Nueva Italia ubicado en las coordenadas 25°37'12" S, 57°30'0" O. El periodo experimental fue de agosto del año 2022 a agosto del 2023. Los resultados del análisis de suelo se presentan a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Resultado de análisis de suelo.

Parámetro	Unidad	Valor	Nivel/Interpretación
pH H ₂ O	-	5,9	Ligeramente Ácido
pH SMP	-	6,96	-
Al ³⁺	cmol/kg	0	-
Al + H	cmol/kg	2,43	Alto
Saturación de Aluminio (Sat. Alum)	%	0	-
SB (Bases Intercambiables)	cmol/kg	2,25	-
CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico)	cmol/kg	4,68	-
Saturación de Bases (Sat. Bases)	%	48,08	-
Ca ²⁺ (Calcio)	cmol/kg	1,59	Bajo
Mg ²⁺ (Magnesio)	cmol/kg	0,49	Medio
K ⁺ (Potasio)	cmol/kg	0,17	Bajo
Na ⁺ (Sodio)	cmol/kg	0	-
P (Fósforo)	mg/kg	39,43	Alto
MO (Materia Orgánica)	%	0,81	Bajo
Ca/Mg (Relación)	-	3,24	-
Ca/K (Relación)	-	9,35	-
Mg/K (Relación)	-	2,88	-
CE (Conductividad Eléctrica)	dS/m	0	-
PSI (Índice de Sodificación)	%	0	-
Textura	-	Arenosa	-
Color (Munsell)	-	7.5 YR 5/4	Marrón Pálido

Fuente: Análisis Químico de suelo realizado en la Universidad Nacional de Asunción – Facultad de Ciencias Agrarias (2023).

Estos resultados sugieren la necesidad de mejorar la fertilidad del suelo, especialmente en cuanto al contenido de calcio y materia orgánica, y mantener un monitoreo adecuado para gestionar la acidez y la saturación de bases.

Población de unidades y variables de medición. La población estuvo representada por plantas de caña de azúcar en un área útil de 80 m² con un total de 100 UEB (Unidades Experimentales Básicas), para cada unidad experimental se contó con un tamaño de 0,8 m² de la parcela (1 m de largo y 0,80 m de ancho) distribuidas en 10 hileras espaciadas en 0.8 m entre hileras (surcos).

Variables evaluadas. Se evaluó los tamaños de las sub parcelas agrupadas y sus respectivos coeficientes de variación obtenidos mediante la determinación del rendimiento de cada unidad experimental básica.

Diseño y proceso de recolección de datos primarios. Se utilizó un ensayo de uniformidad y consistió en el manejo uniforme de toda la población en estudio a modo que no exista efecto de tratamiento para la generación de los datos analizados (rendimiento). Posterior a la identificación individual de cada UEB se realizó la cosecha de la caña de azúcar orgánica variedad RV 725.828. La misma se realizó de manera manual a 10cm del suelo. y los datos levantados trabajados en el laboratorio informático a fin de agrupar las UEB adyacentes de modo que cada agrupamiento sea divisor exacto del total (100 UEB). Para cada agrupamiento posible se determinó el peso (expresado en kg.) y su respectivo coeficiente de variación (expresado en porcentaje). Es así que se formaron 8 sub parcelas de tamaño 1, 2, 4, 5 10, 20, 25 y 50 UEB.

Métodos de control de calidad de los datos. Se utilizaron planillas de control con un esquema de columnas y filas identificando la posición y rendimiento de cada UEB del experimento. Se registró el peso individual de cada parcela experimental utilizando una balanza electrónica de precisión y las plantas de las hileras adyacentes al área experimental no fueron cosechadas ni evaluadas para evitar un posible efecto borde y contaminación de los datos recabados.

Modelo de análisis e interpretación de resultados. Los datos obtenidos fueron analizados en el programa R, y via modelo lineal segmentado con respuesta plato, se determinó el tamaño óptimo de parcela mediante la relación entre el tamaño de las sub parcelas agrupadas y sus respectivos coeficientes de variación.

Modelo lineal segmentado con respuesta plato (MLSRP). Este modelo propuesto por Paranaíba et al. (2009) consta de dos segmentos, el primero describe una recta decreciente hasta una determinada constante P, que es el plato, y el segundo segmento se refiere al plato, que a partir de un determinado valor del coeficiente de variación (CV) asume un valor constante. El modelo es representado por:

$$CV_{(X_i)} \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i si X_i \leq X_0 \\ CVP + \varepsilon_i si X_i > X_0 \end{cases}$$

en que CV_{X_i} es el coeficiente de variación entre los totales para parcelas con X_i UEB, X_0 es el tamaño óptimo de parcela, CVP es el coeficiente de variación en el punto de unión entre el segmento lineal y el plato, β_0 y β_1 son los parámetros del segmento lineal y ε_i es el error asociado al $CV_{(X_i)}$ asumiendo normalidad e independientemente distribuido con media 0 y variancia σ_ε^2 constante.

Los dos segmentos, lineal y plato, son igualados en el punto de X_0 . Para obtener X_0 se toma $\beta_0 + \beta_1 X_0 = CVP$. Despejando X_0 de $\beta_0 + \beta_1 X_0 = CVP$ se tiene la expresión que determina el tamaño óptimo de parcela que es dado por

$$X_0 = (CVP - \beta_0) / \beta_1$$

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se presenta el número de simulaciones, tamaño de sub parcelas agrupadas en unidad experimental básica (UEB), número de sub parcelas, número total de parcelas, área de cada sub parcela (m²) y el respectivo coeficiente de variación de sub parcela expresado en porcentaje (CV %) en ensayo de uniformidad con caña de azúcar variedad RV 725.828.

Tabla 2. Simulaciones de Tamaños de Parcela y CV% en Caña de Azúcar Var. RV 725.828

Simulaciones	Tamaño (UEB)	Forma	Nº de sub parcelas	Total de Parcelas	Área (m ²)	CV (%)
1	1	1x1	1	100	0,8	35.99
2	2	1x2	2	50	1.6	28.08
3	2	2x1	2	50	1.6	29.84
4	4	2x2	4	25	3.2	24.05
5	5	1x5	5	20	4	21.82
6	5	5x1	5	20	4	19.17
7	10	2x5	10	10	8	18.99
8	10	5x2	10	10	8	15.08
9	10	1x10	10	10	8	18.65
10	10	10x1	10	10	8	15.39
11	20	2x10	20	5	16	17.38
12	20	10x2	20	5	16	11.79
13	25	5x5	25	4	20	8.93
14	50	5x10	50	2	40	9.45
15	50	10x5	50	2	40	1.08

Fuente: Humada González et al., (2024).

En la tabla se puede observar que existe una relación inversa entre el tamaño de parcela y el coeficiente de variación. Esta afirmación coincide con lo observado en varias investigaciones, por citar, Humada González et al. (2019), que en experimento de campo con rabanito demostró que efectivamente cuando mayor es el tamaño de parcela menor es el coeficiente de variación. En otro experimento de campo con cebollita de hoja (Humada González & Irala Ortiz, 2023), también demostraron que el tamaño de parcela y el coeficiente de variación están inversamente relacionados así como en experimentación con el cultivo de mandioca variedad takuara sa'yjú, Humada González et al., (2022) afirmaron que la relación entre el tamaño de parcela y el coeficiente de variación sigue

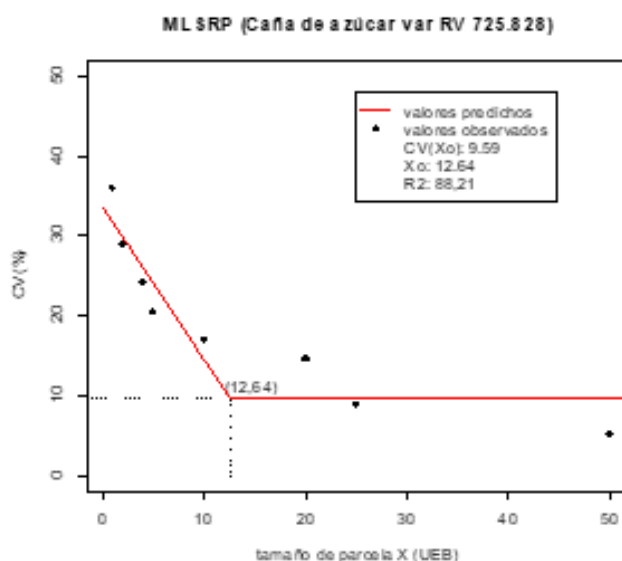
una tendencia general opuesta, o sea, de disminución del CV con el aumento del tamaño de parcela. Sin embargo, dicha relación, en ningún caso es estrictamente lineal ya que puede ser influenciada por una serie de factores controlables o no (variabilidad genética del material experimental, relación tamaño y forma de parcela o la aparición de plagas y enfermedades por citar algunas. En esta investigación la disminución de los valores de CV no sigue una tendencia lineal, Por ejemplo, la forma de la parcela afecta al CV, las parcelas de forma 5 x 10 tienen un CV mayor que las de forma 10 x 5. Esta situación se observa independientemente al producto final a ser evaluado (raíz, hoja, tubérculo, tallo).

En la Figura 1, se presenta la relación entre el coeficiente de variación (CV) y el tamaño de parcela X, en números de unidades experimentales básicas, para la característica agronómica productividad de la caña de azúcar var. RV 725.828 expresadas en kilogramos.

Puede observarse que el tamaño óptimo de Unidad Experimental Básica (UEB) en experimento con caña de azúcar var. RV 725.828 estimado vía modelo lineal segmentado con respuesta plato (MLSRP) es igual a $12,64 \approx 13$ UEB equivalentes a 10.4 m^2 de área.

El MLSRP indica que, al incrementar el tamaño de la parcela, se observa una disminución inicial (primer segmento), seguida de una fase de estabilización (constante). Más allá de este punto, aumentar el tamaño de la parcela no proporciona beneficios adicionales para reducir el coeficiente de variación y mejorar la precisión experimental.

Figura 1. Relación entre el coeficiente de variación (CV) y el tamaño de parcela X, para el cultivo de caña de azúcar var. RV 725.828 con sus respectivos coeficientes de variación en el punto de tamaño óptimo y el tamaño óptimo de parcela determinado por el modelo segmentado lineal con respuesta plato (MLSRP).



Fuente: Humada González et al., (2024).

Este resultado es inferior a los 72 m² estimado por Barrentes (2020) en una investigación realizada en Costa Rica para determinar el tamaño óptimo de la parcela experimental con caña de azúcar, var. RB 99-381, con espaciamiento entre surcos de 1,50m calculado con el método de regresión lineal segmentada. La gran discrepancia entre los valores estimados puede deberse a diversos factores como ser las diferentes variedades utilizadas, las condiciones edafoclimáticas de las regiones donde se realizaron las evaluaciones y la gran diferencia entre las distancias entre surcos, casi el doble, utilizadas en las citadas investigaciones.

Los valores estimados en este estudio también difieren con Álvarez (1982), quien recomendó que el tamaño de las parcelas de investigación en caña de azúcar debe oscilar entre 76.8 a 115 m².

Los resultados obtenidos en este estudio no se asemejan a los encontrados por Barrentes (2020) y Álvarez (1982) pero la comparación debe tomarse con reservas, debido a que se trata de investigaciones llevadas a cabo en otros países sujetas a condiciones edafoclimáticas diferentes. Por tanto, el tamaño de parcela no puede ser generalizado, debe realizarse en todo lugar donde el cultivo, la densidad de siembra, la variedad y las condiciones edafoclimáticas, son diferentes a las ya determinadas.

4 CONCLUSIÓN

Basado en las condiciones edafoclimáticas de la zona, la variedad estudiada y sistema de producción empleado se concluye:

El coeficiente de variación disminuye a medida que aumenta el tamaño de la parcela, esa disminución no es estrictamente lineal.

El tamaño óptimo de parcela experimental estimado para el cultivo de caña de azúcar orgánica var. RV725.828 es de 10,4m², valor obtenido vía el modelo lineal segmentado con respuesta plato.

La comparación con investigaciones previas reafirma el hecho que el tamaño de parcela no puede ser estandarizado ya que varía según el cultivo, variedad, densidad de siembra y condiciones edafoclimáticas del lugar.

Se recomienda replicar el estudio en las regiones cañeras donde el clima, suelo y sistema de producción no sea semejante a la evaluada en este experimento.

La escasa información de rigor científico actualizada disponible sobre la producción orgánica es un toque de alerta sobre la necesidad de realizar nuevas investigaciones con vista a documentar trabajos que puedan ayudar a aumentar la productividad de este sistema de producción y así disponibilizar mayor cantidad de alimento sin interferencia de agroquímicos.

REFERENCIAS

- Álvarez, VM. 1982. Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) bajo condiciones de la finca Bulbuxya. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 59 p.
- Barrantes-Aguilar, LE; González-Estrada, A.; Martínez, M. Á. y Valdivia, RA. 2020. Modelos de regresión segmentada para estimar el tamaño óptimo de la parcela experimental con caña de azúcar. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 11(8): 1763-1773.
- Cargnelutti Filho, A.; Toebe, M.; Alves, BM; Burin, C.; Santos, GOD; Facco, G. & Neu, IMM. 2015. Tamaño de muestra para evaluar caracteres morfológicos y productivos en avena negra en épocas de evaluación. Ciência Rural. 45(1): 9-13.
- Céspedes, C. 2005. Agricultura orgánica, principios y prácticas de producción. Disponible en: http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/146419/Agriculturaorganicaprincipiosypracticadesproduccion_BolINIA131.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Humada González, GG.; Cardozo, N.; Moreira, J.; & Nacimiento, A. 2019. Dimensionamiento de la parcela experimental en experimento con rabanete. Pubvet, 13(10).
- Humada González, GG, & Irala Ortiz, JD. 2023. Determinación del tamaño óptimo de parcela en experimento con cebollita de hoja (*Allium fistulosum* L.): Determinación del tamaño óptimo de parcela en experimento con cebollita de hoja (*Allium fistulosum* L.). Revista Brasileña de Investigaciones Animales y Ambientales, 6(4), 3475-3483.
- Humada-Gonzalez, GG.; Lezcano, A., Moreira, Gaete Humada, B. 2022. Dimensionamiento de parcela experimental en lechuga (*Lactuca sativa*) variedad veneranda conducida en sistema hidropónico recirculante de nutrientes. BJAER, v.5, n. 4, p.3983 –3991.
- Kavitha, B. 2010. Estudio sobre el tamaño óptimo de parcela y la forma óptima de parcela de cultivo de soja. Tesis de maestría. Dharwad, India. Universidad de Ciencias Agrícolas. 58 págs.
- Morais, AR; Araújo, AG; Pasqual, M. & Peixoto, APB. 2014. Estimacão do tamanho de parcela para experimento com cultura de tecidos em videira. Semina: Ciências Agrárias, 35(1), 113-123.
- Paranaíba, AP; Ferreira, DF & Moraes, AR. 2009. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimación. Rev. Bras. Bioma. 27(2): 255-268.
- Rodríguez, N.; Sánchez, H.; & Pacheco, P. 1993. Determinación de tamaño y forma óptimas de parcela para ensayos de rendimiento con café. Revista Colombiana de Estadística. 14(27): 50-64.
- Rosselló, JM; Fernández, M. 1986. Guía técnica para ensayos de variedades de campo. FAO. 144p.
- Sánchez, M.; Mejía, A.; Villanueva, C.; Castellanos, J.; Sánchez, C.; & Jiménez, C. 2006. Determinación del tamaño adecuado de parcela experimental en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma huber* var. *Stenosperma*). Revista Fitotecnia Mexicana. 29(4): 339-348.