

# DIMENSIONES ADECUADAS DE PARCELA EXPERIMENTAL PARA ENSAYOS DE ARROZ EN JUJAN, ECUADOR

Freddy C. Gavilánez Luna<sup>1</sup>, Pedro J. Andrade Alvarado<sup>1</sup> y Julio A. Monserrate Gómez<sup>1</sup>

## RESUMEN

Por la importancia del arroz (*Oryza sativa*) en la alimentación humana y su recurrente uso en la investigación agrícola, se requiere alta precisión de los experimentos para la detección de efectos de las diversas alternativas de mejora de sus niveles de producción, en la cual uno de esos factores primarios y fundamentales son los tamaños adecuados de las parcelas experimentales. En este contexto se desarrolló este estudio, con el fin de establecer las dimensiones de la parcela experimental para los ensayos de arroz en una zona agrícola del Ecuador. Se instauró un experimento de uniformidad de 31,7 m de ancho por 32,0 m de largo, con 1,0 m de efecto borde y en el cual se demarcaron 990 unidades básicas de 0,9 m<sup>2</sup>, realizando combinaciones de 1x1 hasta de 10x8. La siembra fue por trasplante a 25x30 cm, colocando ocho macollos por sitio, y se valoró el rendimiento de grano en cáscara. Se obtuvo el coeficiente de variación para las diferentes combinaciones, se aplicó el método de máxima curvatura y se definió un modelo de regresión múltiple; además, se verificó la heterogeneidad del suelo mediante la ley de varianzas de Smith, y el test F de Fisher como apoyo al método de máxima curvatura. Se determinó un tamaño adecuado de parcela (parcela útil) de 6,0 m<sup>2</sup>, con dimensiones de 2 m x 3 m dentro de una unidad experimental de 20 m<sup>2</sup>.

**Palabras clave adicionales:** Error experimental, experimento de uniformidad, heterogeneidad del suelo, *Oryza sativa*, parcela útil

## ABSTRACT

### Suitable dimensions of experimental plots for rice trials in Jujan, Ecuador

Due to the importance of rice (*Oryza sativa*) in human nutrition and its recurrent use in agricultural research, high precision of the experiments is required to detect the effects of the various alternatives to improve the production levels, and one of these primary and fundamental factors is the appropriate size of the experimental plots. In this context, this study was developed in order to establish the dimensions of the experimental plot for rice trials in an agricultural area of Ecuador. A uniformity experiment 31.7 m wide by 32.0 m long was established, with a 1 m edge effect, and in which, 990 basic units of 0.9 m<sup>2</sup> were demarcated, making combinations of 1x1 up to 10x8. The sowing was by transplantation at 25 cm x 30 cm, placing eight tillers per site, and the husk grain yield was assessed. The coefficient of variation for the different combinations was obtained, the maximum curvature method was applied and a multiple regression model was defined. Likewise, soil heterogeneity was verified using Smith's law of variances, and Fisher's F test as support for the maximum curvature method. A suitable plot size (useful plot) of 6 m<sup>2</sup> was determined, with dimensions of 2 m x 3 m, within experimental plots of 20 m<sup>2</sup>.

**Additional keywords:** Experimental error, *Oryza sativa*, soil heterogeneity, uniformity experiment, useful plot

## INTRODUCCIÓN

El arroz, como el maíz y el trigo, es uno de los cereales que más se produce a nivel mundial. Su consumo es significativo en países asiáticos y latinoamericanos (Laval, 2020), entre los cuales se destaca el Ecuador, con un consumo per cápita de 44,0 kg año<sup>-1</sup> (Reyes et al., 2020), relativamente cercano al promedio mundial de 54,2 kg anuales (FAO, 2021). La importancia de esta gramínea para el país también se ve reflejada en la representación del 30,82 % de los cultivos

transitorios, cubriendo un área de 261.770 ha (INEC, 2020).

La información de referencia en la bibliografía nacional e internacional respecto del tamaño adecuado para parcelas de arroz a nivel experimental es escasa. Apenas hay reportes regionales de Costa Rica (Vargas y Navarro, 2014; 2019) que sugieren tamaños entre 20 y 24 m<sup>2</sup>, aplicando procedimientos de máxima curvatura y ecuaciones cuadráticas. No obstante, tamaños de parcela inferiores a un tamaño óptimo generará información no tan confiable; mientras

Recibido: Septiembre 26, 2021

Aceptado: Abril 29, 2022

<sup>1</sup> Universidad Agraria del Ecuador. e-mail: fgavilanez@uagraria.edu.ec (autor de correspondencia); pandrade@uagraria.edu.ec; julio.monserrate.gomez@uagraria.edu.ec

que, tamaños de parcela más allá del necesario, producirán costos adicionales que no aportarán a la precisión de un experimento (Barrantes et al., 2020).

La falta de precisión de un ensayo agrícola tiene una relación directa con el error experimental que depende fundamentalmente de la heterogeneidad del suelo (De La Loma, 1966; Masood et al., 2012; Vilorio et al., 2017) y del manejo del mismo (Rodríguez et al., 2018); de allí que, si no se controla dicha heterogeneidad con tamaños de parcela de menor variabilidad, se termine negando alguna alternativa (tratamiento) de prueba aun a pesar de tener efectos significativos y de un manejo homogéneo del experimento (Vargas et al., 2020). No sólo el tamaño tiene relación directa con la precisión de los ensayos agrícolas sino también la forma, pudiéndose adoptar formas rectangulares o cuadradas, según exista o no alguna tendencia de variabilidad en el suelo (Reyes, 1992; Dinon et al., 2019).

El procedimiento para definir los tamaños adecuados de parcela es la implementación de un experimento de uniformidad (De La Loma, 1966; Humada et al., 2018), el cual consiste en sembrar un lote con una semilla certificada del cultivo de interés realizando labores culturales homogéneas, de tal manera que sólo la heterogeneidad del suelo incida en el rendimiento del cultivo. La variabilidad se valora en diferentes tamaños de parcela que se forman de unidades básicas en que se divide el lote al momento de la cosecha, empleando generalmente el coeficiente de variación y funciones potenciales o de regresión múltiple tipo cuadráticas (Gavilánez et al., 2017).

El conocimiento del tamaño adecuado de la parcela para los experimentos agrícolas resaltarán los efectos de los diferentes tratamientos (Humada et al., 2018) que continuamente se están evaluando en arroz con fines de mejorar su productividad; ya que, al reducirse el error experimental, las pruebas paramétricas lograrán una mayor potencia estadística (Balzarini et al., 2011; Vargas, 2021). Por ello, un tamaño adecuado de parcela contribuirá a una mayor eficiencia en cuanto al tiempo y recursos que las instituciones destinan para la investigación. En consecuencia, el propósito de este estudio fue la determinación de las dimensiones adecuadas y efectivas de parcela experimental para ensayos de

arroz, utilizando el método de máxima curvatura y un modelo cuadrático de regresión múltiple.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Sitio de estudio.** El ensayo se llevó a cabo entre los meses de enero a abril del 2021, en la zona agrícola del cantón Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan), en la provincia del Guayas – Ecuador, en un sitio de coordenadas 01°57' S; 79°32' W. La ubicación es una zona prominentemente arroceras, bajo condiciones climáticas medias de 25,4 °C de temperatura, humedad relativa de 82 %, precipitación anual de 1800 mm, velocidad del viento de 1,1 m·s<sup>-1</sup> y 2,3 horas·día<sup>-1</sup> de insolación (<https://n9.cl/g96cj>). Según el Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS, 2017), el suelo pertenece a los Inceptisoles, suborden Udepts y es de tipo arcilloso.

**Diseño y manejo del experimento de uniformidad.** La dimensión del ensayo de uniformidad utilizado para el propósito de esta investigación fue de 31,7 m de ancho y 32,0 m de largo (1014,4 m<sup>2</sup>), dejando 1,0 m a su alrededor como efecto de borde, con lo cual el tamaño efectivo fue de 29,7 m x 30,0 m (891 m<sup>2</sup>). El manejo agronómico fue homogéneo en todo el ensayo y parcialmente similar al que se realiza en la zona, iniciándose con dos pases de arado y un posterior fanguero, con una lámina de 10 cm de agua. Se realizaron controles de insectos a base de tiametoxam, lambdacihalotrina y acefato. Se aplicó una formulación fertilizante de 100 kg·ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 30 de fósforo y 45 de potasio, además de un bioestimulante a base de humato potásico en dosis de 4 kg·ha<sup>-1</sup>.

La siembra fue por trasplante, utilizando semilla certificada de un rendimiento potencial de 10,0 Mg·ha<sup>-1</sup>, colocando 8 macollos por sitio, a una distancia de 25 cm entre sitios y 30 cm entre hileras. Tanto el control de malezas como la cosecha se realizaron de forma manual.

Al momento de la cosecha se demarcaron las unidades básicas con un ancho de 1,0 m por una longitud de 0,90 m, definiéndose un área de 0,9 m<sup>2</sup>; dentro de las cuales se demarcaron 15 sitios de siembra por cada una de ellas. En toda el área efectiva del ensayo de uniformidad se pudieron establecer, mediante cuadrículas, 33 columnas y 30 filas. Se demarcó un total de 990 unidades

básicas, con las cuales se constituyeron unidades secundarias (combinaciones de unidades básicas) desde 1x1 hasta la combinación de 10x8, considerando un tamaño máximo de 72 m<sup>2</sup> (Masood et al., 2012). Se generaron formas cuadradas o rectangulares de unidades secundarias, éstas últimas siempre considerando la anchura menor que la longitud según el sentido de la hilera, de acuerdo con las recomendaciones dadas por Vargas y Navarro (2019).

La cosecha se realizó a los 120 días después del trasplante, y se pesó la producción de granos en cáscara de cada unidad básica que fue definida en campo mediante un sistema coordenado. Para ello se utilizó una balanza digital con precisión de 0,5 g, realizando el ajuste por humedad al 11,5 % con un medidor digital.

**Análisis estadístico de los datos.** Para la determinación de la parcela adecuada se utilizaron los coeficientes de variación de las distintas combinaciones generadas con las unidades básicas, que permitieron tener áreas desde 0,9 hasta 72 m<sup>2</sup>, considerando un tamaño suficientemente mayor a los reportados por Vargas y Navarro (2014; 2019), quienes definieron tamaños de parcela de 20 y 24 m<sup>2</sup>, respectivamente; e igual al de Masood et al. (2012), quienes a su vez establecieron un tamaño de 72 m<sup>2</sup> como parcela óptima para ensayos de rendimiento en arroz. Se empleó el método de máxima curvatura que permitió obtener sólo el área de parcela, y como comprobación, se ajustó un modelo de regresión cuadrática múltiple; éste último para conocer también las dimensiones de ancho y largo de la unidad experimental (modelo de superficie de respuesta) optimizado de acuerdo a la primera derivada e igualado a -1 (Vargas et al., 2020), con el fin de obtener dimensiones de parcela a partir de las cuales aumentos sucesivos de área no aportan disminuciones importantes en la variabilidad. El modelo de regresión cuadrática múltiple que se evaluó de partida, estuvo definido por la siguiente ecuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{12}x_1x_2 + \varepsilon \quad (1)$$

En ésta, el término  $y$  representa al coeficiente de variación,  $\beta_0$  al intercepto (efecto constante); mientras que  $\beta_1$  y  $\beta_2$  corresponden a los efectos lineales del ancho ( $x_1$ ) y de la longitud ( $x_2$ ) de parcela, respectivamente;  $\beta_{11}$  y  $\beta_{22}$  representan a los efectos cuadráticos de  $x_1$  y de  $x_2$ , en su orden;

$\beta_{12}$  indica el efecto de interacción entre  $x_1$  y de  $x_2$ ; y el efecto aleatorio del modelo está dado por  $\varepsilon$ .

Siguiendo lo indicado por Saste y Sananse (2015), adicionalmente, se verificó la heterogeneidad del suelo mediante la ley de varianzas de Smith aplicando la ponderación sugerida por Federer (1955). Esta ley define un coeficiente de correlación que debe ubicarse en el rango de 0 a 1, interpretándose como suelos homogéneos aquellos cuyo valor tiendan al cero y como heterogéneos los que tiendan al uno (Gaviláñez et. al., 2017); cuya significancia se corroboró con una prueba de hipótesis basada en la función de densidad  $t$  de Student. También se aplicó la prueba  $F$  de Fisher, en el caso del método de máxima curvatura, para sustentar la determinación realizada por este método de manera visual. Todos estos análisis se desarrollaron mediante hojas electrónicas de Microsoft Excel y la versión 18 del software Minitab.

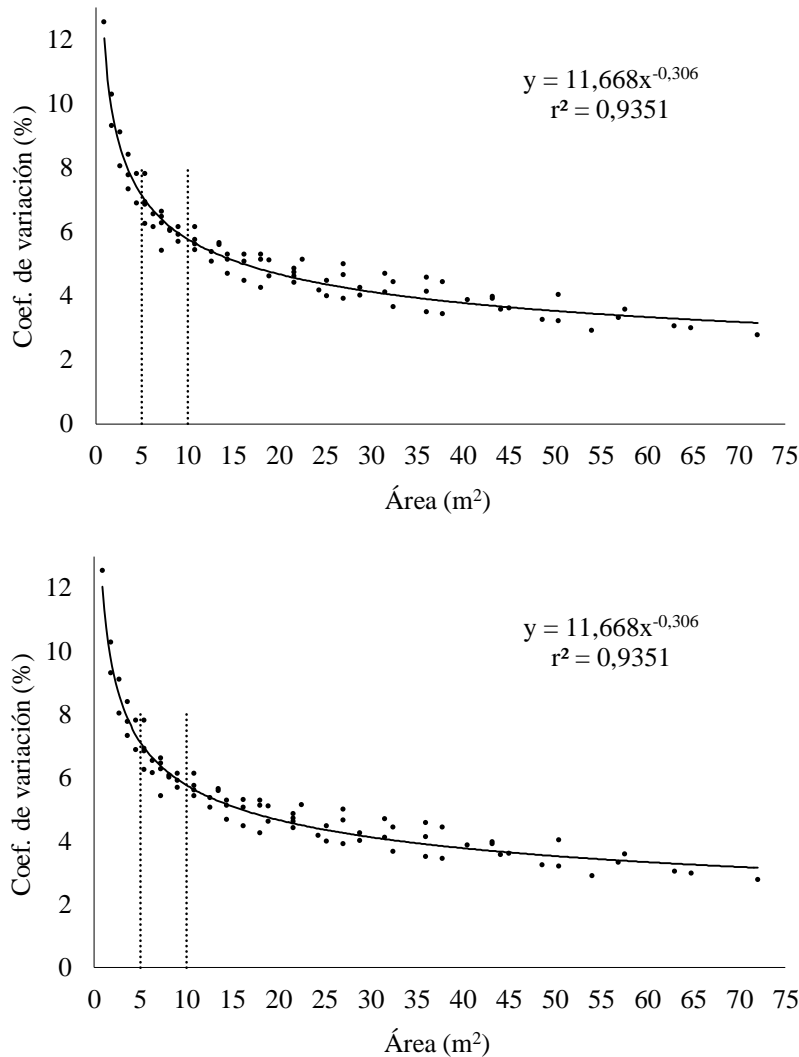
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Estadígrafos descriptivos.** Entre las medidas estadísticas de carácter descriptivo y general para las 990 unidades básicas de 0,9 m<sup>2</sup> en que se dividió el lote, se obtuvo como promedio de rendimiento un valor de 597,6 g por unidad básica, una desviación estándar de 74,9 g, un valor mínimo de 400,5 g y un máximo de 923,0 g; además de un coeficiente de variación de 12,5 %. Si bien el conjunto de datos registró tres datos atípicos, el 99,7 % se circunscribió en el intervalo del promedio y más o menos tres desviaciones estándar que permitieron declarar normalidad en la distribución de los rendimientos (Mendenhall et al., 2015).

**Aplicación del método de máxima curvatura.** Los tamaños de parcela establecidos por las diferentes combinaciones de unidades básicas señaladas en la metodología, junto con los respectivos coeficientes de variación del rendimiento obtenidos en cada una de estas unidades secundarias, permitieron generar el gráfico de la Figura 1. El ploteo de los mismos describe una función de tipo potencial, con un importante ajuste dado por el coeficiente de determinación ( $r^2 = 0,9351$ ), lo cual corrobora la concepción del método de máxima curvatura en

cuanto a la relación inversa del tamaño de parcela con el coeficiente de variación (Vargas y Navarro, 2014; 2019; Barrantes et al., 2020). En este sentido, la heterogeneidad del suelo tiene una

menor afectación mientras se incrementa el tamaño de parcela, de forma similar a lo indicado por algunos autores (De La Loma, 1966; Masood et al., 2012; Vilorio et al., 2017).



**Figura 1.** Relación del tamaño de parcela con el coeficiente de variación, según el método de máxima curvatura

Si siguiendo la recomendación de Vargas y Navarro (2014, 2017), se demarcó el espacio de curva de la Figura 1 en donde la pendiente de ésta se minimiza sustancialmente; de allí que el tamaño de parcela, cuyo aumento de área no produce una disminución importante en el coeficiente de variación, pudiera considerarse entre 5 a 10 m<sup>2</sup>, estableciéndose así una primera aproximación del tamaño adecuado; valores relativamente menores a los reportados por Vargas y Navarro (2019), cuya diferencia con estos

autores puede ser atribuida al manejo del experimento, al método analítico con el que determinaron el tamaño de parcela y a las condiciones bajo las cuales desarrollaron su ensayo (Rodríguez et al., 2018). Complementariamente, para tratar de contrarrestar el carácter subjetivo del procedimiento indicado, los resultados de la prueba de hipótesis basada en el estadígrafo F de Fisher para varianzas consecutivas se detallan en el Cuadro 1 hasta tamaños de 14,4 m<sup>2</sup>. Considerando un nivel de

probabilidad del 5 % ( $P \leq 0,05$ ), puede observarse que existe diferencia significativa hasta el tamaño de 4,5 m<sup>2</sup>, valor que bien puede aproximarse en 5,0 m<sup>2</sup> como tamaño mínimo de la parcela dado el margen de significancia establecido, coincidiendo con uno de los límites de la estimación visual en la Figura 1 del rango indicado.

**Obtención del modelo de regresión múltiple.** En el Cuadro 2 se consignan los coeficientes del modelo de regresión múltiple, tanto para efectos lineales como cuadráticos y de interacción entre el ancho (A) y el largo (L) de los tamaños de parcela evaluados. En este caso, se evaluó el modelo completo indicado en la metodología y resultaron significativos ( $P \leq 0,05$ ) todos sus componentes, de

acuerdo al estadístico t de Student que se detallan en este cuadro. El valor negativo en los coeficientes de A y L corrobora también lo establecido por el método de máxima curvatura al indicar una relación inversa con el coeficiente de variación, esto es, a tamaños más grandes de parcela menor será la influencia de la heterogeneidad del suelo, según lo indicado por Barrantes et al. (2020), y Vargas y Navarro (2014; 2019). También, se incluye en el mismo cuadro el factor de inflación de varianza (FIV), que ofrece un indicativo de la relación de efectos cuadráticos (multicolinealidad) tanto en el ancho como en el largo de parcela, por presentar valores superiores a 10 (Guerra et al., 2014).

**Cuadro 1.** Aplicación del estadístico F de Fisher para comparación de varianzas entre distintos tamaños de parcela

Área (m <sup>2</sup> )	Varianza	Unidades secundarias	F	Probabilidad
0,9	5611,8	990		
1,8	13747,2	495	2,450	0,000
2,7	23735,9	330	1,727	0,000
3,6	35252,6	248	1,485	0,000
4,5	48268,3	198	1,369	0,010
6,3	70802,2	141	1,252	0,082
7,2	88734,6	124	1,253	0,097
10,8	169509,8	83	1,359	0,072
12,6	191742,9	71	1,131	0,294
13,5	253966,1	66	1,325	0,124
14,4	234548,6	62	0,924	0,622

**Cuadro 2.** Análisis del modelo de regresión múltiple para cada componente

Término	Coefficiente de regresión	Error estándar	Valor t	Probabilidad	FIV
Constante	12,783	0,355	35,98	0,000	
Ancho (A)	-1,733	0,132	-13,13	0,000	24,95
Largo (L)	-0,890	0,092	-9,65	0,000	23,88
A <sup>2</sup>	0,108	0,015	7,38	0,000	21,26
L <sup>2</sup>	0,025	0,007	3,37	0,001	19,42
AL	0,056	0,009	6,13	0,000	8,36

r<sup>2</sup> ajustado: 92,34 %. FIV: factor de inflación de varianza

En su estructura, el modelo de regresión múltiple obtenido es el que se describe mediante la ecuación 2. Por la presencia de efecto de interacción entre el ancho y el largo de la parcela, el planteamiento de Vargas et al. (2020), aplicado

también por Vargas y Navarro (2019), de igualar a -1 las derivadas parciales del modelo de regresión obtenido no permitieron determinar las dimensiones de parcela con sentido económico. Sin embargo, el modelo, junto con la gráfica de

contorno indicada en la Figura 2, ha hecho posible la predicción del coeficiente de variación de 7,64 %, considerando un tamaño de parcela de 2,0 m de ancho (A) y 3,0 m de largo (L) dada la mayor variabilidad registrada en esta última dimensión y el tamaño mínimo de 5,0 m<sup>2</sup> establecido mediante el método de máxima curvatura. No obstante, siendo esta especie un cultivo de alta densidad poblacional, es importante considerar lo indicado por Saste y Sananse (2015), quienes manifiestan que, si la parcela es relativamente pequeña, posiblemente no exista una influencia importante de su forma en la definición del tamaño.

$$y = 12,783 - 1,733A - 0,890L + 0,108A^2 + 0,025L^2 + 0,056AL \quad (2)$$

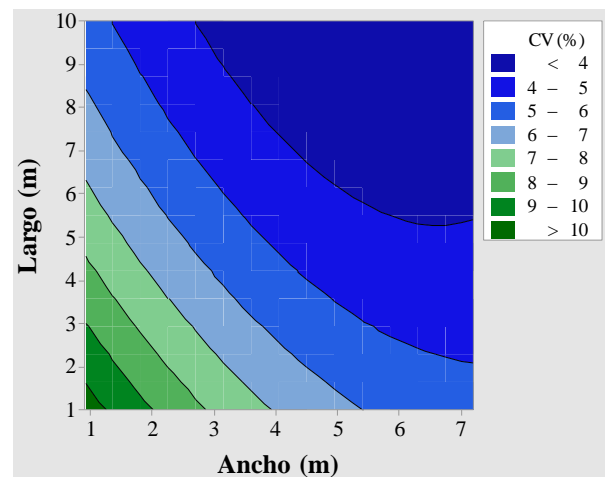
Si bien el tamaño de parcela de 2,0 x 3,0 m tiene una importante diferencia en cuanto al coeficiente de variación que genera (7,64 %) al compararse con el límite máximo de 30 % para experimentos agrícolas (Balzarini et al., 2011), este límite máximo puede reducirse a un 15 % cuando un experimento se diseña para evaluar expresiones agronómicas con el fin de valorar, por ejemplo, dosis de nutrientes; distinto a los que se diseñan para el estudio de plagas, los cuales aun con un riguroso cuidado, pueden rebasar incluso dicho límite máximo (Reyes, 1992). El tamaño y dimensión de parcela seleccionado bajo el argumento del coeficiente de variación tiene también respaldo en el sentido de que, al tener un reducido valor de este coeficiente, las pruebas paramétricas gozan de una mayor potencia estadística en la detección de efectos entre tratamientos experimentales (Kuehl, 2001); de allí que al estar por debajo del 10 % se tendrá una alta confiabilidad de las estimaciones y una mayor precisión en los experimentos (Vargas, 2021).

#### Determinación de la heterogeneidad del suelo.

Complementariamente, para la verificación de la heterogeneidad del suelo se obtuvo el gráfico de la Figura 3, basado en el método de la ley de varianzas de Smith, en el cual se pudo definir un coeficiente de heterogeneidad de 0,604 (en valores absolutos), el mismo que, realizando la ponderación respectiva, resultó con un valor de 0,622. Esto es, el suelo en donde se realizó esta investigación presenta una heterogeneidad significativa ( $P \leq 0,05$ ), según la prueba t de Student aplicada a este coeficiente, éste último

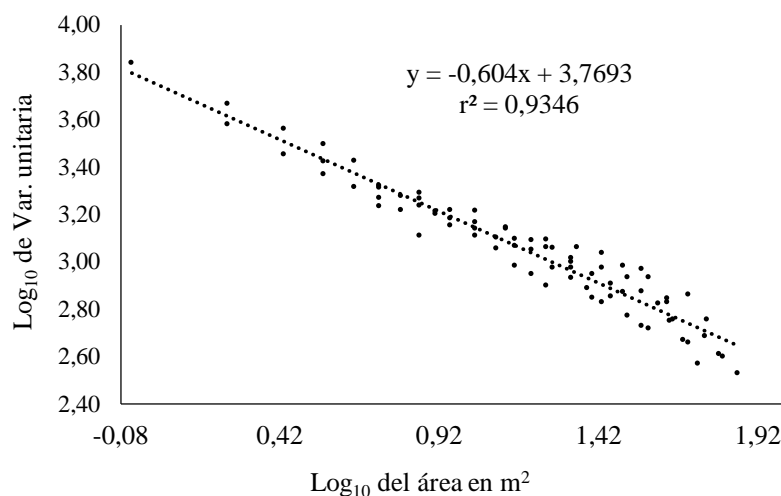
obtenido a través de las 80 combinaciones (datos) de unidades básicas con las que se realizó todo el proceso.

Adicionalmente, la Figura 1 corroboró la relación inversa (en escala logarítmica de la función potencial) del tamaño de la parcela experimental con la variabilidad, es decir, el incremento del tamaño de parcela tiende a minimizar el efecto de la heterogeneidad del suelo.



**Figura 2.** Gráfica de contorno para relacionar el ancho y el largo de parcela con el coeficiente de variación.

**Tamaño de parcela experimental.** Dado que los experimentos a campo abierto, especialmente en cultivos anuales, deben incluir en sus parcelas o unidades experimentales el efecto de borde para evitar la influencia de factores de ruido a su contorno, es importante distinguir los resultados que se obtienen en los estudios que involucran experimentos de uniformidad, en los cuales se define en realidad el tamaño y/o dimensión de la parcela útil o área de evaluación de las parcelas que representan a las unidades experimentales. Por lo tanto, para experimentos agrícolas que evalúen factores inertes como los fertilizantes en arroz y considerando un mínimo de 1 m como efecto de borde para el tamaño definido de 2 m x 3 m, el tamaño de la unidad experimental puede ser de 20 m<sup>2</sup> con dimensiones de 4 m de ancho y 5 m de largo; valor que concuerda con las recomendaciones dadas para cereales por parte de De la Loma (1966) y Reyes (1992).



**Figura 3.** Ajuste lineal de la ley de varianzas de Smith por transformación logarítmica de los datos para determinar el coeficiente de heterogeneidad del suelo.

## CONCLUSIONES

Para los experimentos con arroz realizados en la zona de estudio se considera un tamaño adecuado de parcela (parcela útil) desde 6 m<sup>2</sup> (2 m de ancho y 3 m de largo); al cual, si se le adiciona un efecto de borde de 1 m, la parcela definitiva o unidad experimental deberá tener un mínimo de 20 m<sup>2</sup>.

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo se desarrolló con el apoyo de la Universidad Agraria del Ecuador, amparado dentro de sus programas de investigación.

## LITERATURA CITADA

- Balzarini M., J. Di Rienzo y M. Tablada. 2011. Introducción a la Bioestadística: Aplicaciones con Infostat en Agronomía. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Barrantes L., A. González, M. Martínez y R. Valdivia. 2020. Modelos de regresión segmentada para estimar el tamaño óptimo de la parcela experimental con caña de azúcar. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 11(8): 1763-1773.
- De La Loma, J.L. 1966. Experimentación Agrícola. Unión Tipográfica Editorial Hispano-americana (Uteha), México.
- Dinon M.A., S. Delgado y F. Castaño. 2019. Tamaño óptimo de parcela e incidencia de la podredumbre blanca del capítulo del girasol en el sudeste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 118(1): 37-44.
- Federer, W.T. 1955. *Experimental Design: Theory and Application*. Oxford & IBH Publishing, New Delhi.
- Gavilánez F., C. Suárez, P. Andrade, J. Martillo y C. Morán. 2017. Tamaño de la parcela en los experimentos agrícolas. *El Misionero del Agro* 14(1): 25-40.
- Guerra, C., M. Herrera, Y. Vásquez y A. Quintero. 2014. Contribución de la estadística al análisis de variables categóricas: Aplicación del análisis de regresión categórica en las ciencias agropecuarias. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 23(1): 68-73.
- Humada, G., A. Ramalho de Moraes, C. Caballero, J. Bortolini y G. Rodrigues. 2018. Estimación del tamaño óptimo de parcela en experimentación con batata dulce. *Agrociencia (Uruguay)* 22(2): 1-10.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2020. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (ESPAC) 2019. INEC, Quito. 43 p. <https://n9.cl/l4gnb> (consulta de marzo 12, 2022).
- Kuehl, R. 2001. *Diseño de Experimentos: Principios Estadísticos de Diseño y Análisis de*

- Investigación. International Thomson Edit., México D.F.
11. Laval, E. 2020. Arroz: temporada 2019/20 – 2020/21. Ministerio de Agricultura de Chile, Santiago. <https://n9.cl/f9v1y> (consulta de marzo 12, 2022).
  12. Masood A.M., I. Raza y M. Yaseen. 2012. Estimation of optimum field plot size and shape in paddy. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 25(4): 280-287.
  13. Mendenhall W., R. Beaver y B. Beaver. 2015. Introducción a la Probabilidad y Estadística. Cengage Learning Edit., México D.F.
  14. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2021. Perspectivas alimentarias: resúmenes de mercado. FAO, Roma. <https://n9.cl/7377r> (consulta de marzo 12, 2022).
  15. Reyes, P. 1992. Diseño de Experimentos Aplicados. Trillas, México D.F.
  16. Reyes-Borja, W., Z. Miguez, C. Maldonado y L. Arana. 2020. Capacidad de fecundación ovular de cruces recíprocos entre 14 cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) para la obtención de poblaciones F1. *Journal of Science and Research* 5(1): 309-333.
  17. Rodríguez, R.A., C. Nogueira, R. Rosales, P. Da Silva y H. Camilo. 2018. Tamaño óptimo de parcela y número de repeticiones para evaluar el rendimiento de boniato con mulch y suelo descubierto. *Agrociencia (Uruguay)* 22(1): 90-97.
  18. Saste S.V. y S.L. Sananse. 2015. Soil heterogeneity to determine size and shape of plots: A review. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research* 6(5): 201-209.
  19. Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. 2017. Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito. 15 p. <https://n9.cl/molisoles> (consulta de marzo 12, 2022).
  20. Vargas, J. y J. Navarro. 2014. Determinación de un tamaño adecuado de unidad experimental, utilizando el método de curvatura máxima, para ensayos de arroz (*Oryza sativa*), en Bagaces, Guanacaste. *Intersedes* 15(31): 128-144.
  21. Vargas, J. y J. Navarro. 2017. Determinación del tamaño y la forma de unidad experimental, con el método de curvatura máxima, para ensayos de rendimiento de maíz (*Zea mays*), Guanacaste, Costa Rica. *Cuadernos de investigación La UNED* 9(1): 135-144.
  22. Vargas J. y J. Navarro. 2019. Tamaño y forma de unidad experimental para ensayos de rendimiento de arroz (*Oryza sativa*), en Guanacaste, Costa Rica. *Cuadernos de investigación La UNED* 11(3): 355-360.
  23. Vargas, J., E. Vega-Villalobos y R. Cerdas-Ramírez. 2020. Tamaño y forma de la unidad experimental en ensayos de rendimiento de *Brachiaria* híbrido CIAT 3608. *Pasto y forrajes* 43(2): 144-149.
  24. Vargas, J. 2021. Simulación de ensayos en blanco para determinar la potencia estadística de experimentos en arroz. *Agronomía Mesoamericana* 32(1): 1659-1321.
  25. Viloría, R., M. Brito, J. García y M.J. Garrido. 2017. Estimación del tamaño óptimo de parcela experimental en ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)* 43(1): 1-6.