

## Tamaño óptimo de parcela y número de repeticiones para evaluar el rendimiento de boniato con mulch y suelo descubierto

Rodríguez Richard A<sup>1\*</sup>, Nogueira Cícero<sup>2</sup>, Rosales Roxanna<sup>2</sup>, da Silva Patricia<sup>2</sup>, Camilo de Moraes Helena<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de la República, CENUR - Litoral Norte, Sede Salto, Departamento del Agua. Gral. Rivera 1350, Salto, Uruguay. \*Correo electrónico: rarpadron@gmail.com/rarpadron@unorte.edu.uy

<sup>2</sup>Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, n°1000, Campus UFSM, Prédio 70, Bairro Camobi, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

Recibido: 2017-04-27 Aceptado: 2017-10-10

### Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el tamaño óptimo de parcela experimental y número de repeticiones para evaluar el rendimiento en el cultivo de boniato, cultivado con mulch de plástico negro y en suelo descubierto. Se realizaron de manera simultánea dos ensayos de uniformidad, con cobertura plástica (mulch) y en suelo descubierto, ambos en secano. La densidad de plantación fue de 2,5 planta m<sup>-2</sup>. Se establecieron dos parcelas de 120 plantas, y cada planta fue definida como una unidad básica. La variedad de boniato utilizada fue «RBS Cuia». El tamaño de parcela se determinó utilizando el método de máxima curvatura modificada y el modelo lineal segmentado con respuesta plateau. El número de repeticiones se calculó con base en la diferencia mínima significativa del test de Tukey ( $p = 0,05$ ). Los valores promedio del rendimiento con mulch y en suelo descubierto fueron de 1,07 y 0,50 kg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. El coeficiente de variación mostró mayor dispersión en condiciones de suelo descubierto. Entre ambos métodos utilizados para determinar el tamaño de parcela se encontró una diferencia de 2,0 y de 1,6 unidades básicas con mulch y en suelo descubierto, respectivamente. El tamaño óptimo de parcela experimental en condición con mulch y en suelo descubierto fue 12,5 m<sup>2</sup> y 32,5 m<sup>2</sup>, respectivamente. El número de repeticiones para determinar 50 % de diferencia mínima significativa en condiciones con mulch y en suelo descubierto fue de 9 y 12 repeticiones, respectivamente, hasta 30 tratamientos.

**Palabras clave:** ensayo de uniformidad, *Ipomoea batatas*, número de repeticiones, precisión experimental, tamaño de parcela

## Optimum Plot Size and Number of Replicates to Evaluate the Yield of Sweet Potato in Uncovered Soil and Mulch

### Summary

This study aimed to determine the optimal experimental plot size and the number of repetitions to evaluate the yield in sweet potato, cultivated in uncovered soil, and soil covered with mulched plastic. Two uniformity trials were performed simultaneously, in uncovered soil or with black plastic and mulch coverage, both without irrigation. The planting density was 2.5 plants m<sup>-2</sup>. Two plots of 120 plants were established, and each plant was defined as a basic unit. The sweet potato variety used was 'RBS Cuia'. The plot size was determined by the method of maximum modified coverage and the segmented linear model with plateau response. The number of repetitions was estimated based on the minimum significant difference by Tukey test ( $p = 0.05$ ). The average values of yield in uncovered soil and soil covered with mulch were 0.50 and 1.07 kg plant<sup>-1</sup>, respectively. The coefficient of variation showed greater variability dispersion in uncovered soil conditions. Between the two methods used to determine the plot size, a difference of 2.0 and 1.6 basic units with mulch and in bare soil, respectively, was found. The optimal experimental plot size with mulch and in bare soil was 12.5 m<sup>2</sup> and 32.5 m<sup>2</sup>, respectively. The number of repetitions to

determine 50 % minimum significant difference with and in bare ground was 9 and 12 repetitions, respectively, up to 30 treatments.

**Keywords:** uniformity test, *Ipomoea batatas*, number of repetitions, experimental precision, plot size

## Introducción

La superficie sembrada de boniato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] en el año 2013 en Brasil fue 500.350 hectáreas, con rendimiento medio de 9,13 t ha<sup>-1</sup>. La región sur del país es la principal productora, representando 45 % de la producción nacional, con 227.354 toneladas, y el estado de Rio Grande do Sul representa 73,9 % de la región sur y 32,9 % del país, con 166.354 toneladas y un rendimiento medio de 13,42 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2013). La producción mundial en 2009 fue de 102,7 millones de toneladas, que se cultiva en un área de 8 millones de hectáreas, originando un rendimiento medio de 12,8 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2012). China es el mayor productor, con una producción total de 3,7 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 23,1 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2011).

La unidad experimental generalmente se selecciona sin ninguna base estadística, ya que son muchos los factores responsables de la variación. Los ensayos de uniformidad se definen como ensayos sin tratamiento, en los que se llevan a cabo las mismas prácticas culturales a lo largo del área experimental (Storck et al., 2011; Ramalho, Ferrerira y Oliveira, 2012). Los datos recolectados en las unidades experimentales básicas de estas pruebas se pueden utilizar para determinar el tamaño de la parcela óptima con diferentes metodologías. En los ensayos de uniformidad se recomienda dividir el área experimental en unidades experimentales básicas tan pequeñas como sea posible y compatibles con la variable medida (Storck et al., 2011).

Es importante cuantificar con precisión el tamaño de parcela experimental y el número de repeticiones de las variables a ser evaluadas, las cuales son cruciales para obtener resultados fiables. Zanon y Storck (1997) comentaron que la calidad de la investigación depende del tamaño de la muestra, ya que si son insuficientes, se pueden obtener estimaciones imprecisas, y si son excesivas, se invertirán en vano tiempo y recursos. También Bussab y Moretín (2011) plantearon que el tamaño de la muestra es directamente proporcional a la precisión deseada y que la variabilidad de los datos es inversamente proporcional a la estimación del error permitido *a priori* por el investigador. La repetición o la unidad experimental es la unidad de información del error experimental, por lo tanto, su definición adecuada es un requerimiento del diseño experimental (Silva,

2007). La identificación del tamaño de las repeticiones para los niveles o combinaciones de niveles de los factores experimentales requiere la caracterización correcta de las unidades experimentales correspondientes. Cargnelutti Filho et al. (2012) mencionaron que a partir del tamaño óptimo el aumento del tamaño de parcela no resulta en mayor precisión, los aumentos adicionales en la precisión se pueden obtener mediante el uso de un mayor número de repeticiones.

Entre los tamaños de parcela y número de repeticiones utilizados en el cultivo de boniato por algunos autores se pueden indicar los siguientes: parcela de 55 m<sup>2</sup> (Novak et al., 2007); parcela de 10,2 m<sup>2</sup> y cuatro repeticiones (Tao et al., 2012); parcela de 10,2 m<sup>2</sup> y cuatro repeticiones (Vieira et al., 2015); parcela de 20 m<sup>2</sup> y tres repeticiones (Nogueira et al., 2016); parcela de 16,2 m<sup>2</sup> y siete repeticiones (Rós, 2017); parcela de 8,5 m<sup>2</sup> (Cecílio Filho et al., 2016), lo que muestra la variabilidad en la elección del tamaño de parcela.

La heterogeneidad ambiental es una característica inherente en los ensayos en campo, debiendo ser considerada en la interpretación de los resultados. La falta de uniformidad e información ha originado técnicas para la obtención de resultados consistentes; como consecuencia, se obtiene un mejor análisis de datos maximizando la información, con mejor aprovechamiento del espacio y mejor precisión. Por estas razones, es de importancia la planificación de los experimentos, logrando la reducción del error experimental. En este contexto, el objetivo de este estudio fue determinar el tamaño de parcela experimental y el número de repeticiones para evaluar el rendimiento en el cultivo de boniato, cultivado en suelo descubierto y con mulch de plástico negro, por el método de máxima curvatura modificada y el modelo lineal segmentado con respuesta *plateau*.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el área experimental del Colegio Politécnico de la Universidad Federal de Santa María, localizado en latitud 29°43'23"S, longitud 53°43'15"W y altitud de 100 m.s.n.m, durante los meses de noviembre de 2014 a marzo de 2015. El clima de la región según la clasificación de Köppen-Geiger es subtropical

húmedo (Cfa). La temperatura y la precipitación promedio anual es de 18,8 °C y 1617 mm, respectivamente. El suelo es clasificado como Paleudalf según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), y las características físico-hídrica descrita por Padrón et al. (2015).

Se realizaron simultáneamente dos ensayos de uniformidad con boniato, cultivado en suelo descubierto y con mulch de plástico negro, ambos en secano. Las parcelas estuvieron constituidas por cuatro hileras, con espaciamiento de 1 m y 12 m de largo (4 m × 12 m), área útil de 48 m<sup>2</sup>. Cada parcela estuvo compuesta por 120 plantas. El espaciamiento entre plantas fue de 0,4 m, para una densidad de plantación de 2,5 plantas m<sup>-2</sup>, alcanzando un total de 600 plantas (240 m<sup>2</sup>), sin incluir las plantas de borde.

La variedad de boniato utilizada fue «RBS Cuia» (RNC-27.315), desarrollada por EMBRAPA (Castro et al., 2011). Las plántulas fueron trasplantadas en campo con dos meses de edad el 16 de noviembre 2014; el ciclo vegetativo del cultivo constó de 126 días. Las principales prácticas agronómicas fueron el control de malezas y la aplicación de fungicidas e insecticidas.

El rendimiento se determinó por planta, pesando todas las raíces por planta por medio de una balanza analítica de precisión. Se asumió la planta como una unidad básica (UB: 0,4 m<sup>2</sup>), debidamente identificadas en cada hilera consecutivamente.

El procedimiento para evaluar los tamaños de parcela fue el siguiente: se constituyeron tamaños de parcelas (X), agrupando la unidad básica adyacente en cada hilera, obteniendo el producto de (X<sub>1</sub> X<sub>2</sub>), correspondiendo a (X...) tamaños de parcelas en número de unidades básicas. Se proyectaron 15 tamaños de parcela en cada tratamiento (0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 4,8; 6,0; 8,0; 9,6; 12,0; 16,0 y 24,0 m<sup>2</sup>), seleccionando el número de unidades básicas que originaban el tamaño de parcela capaz de utilizar el área útil por parcela. En cada tamaño de parcela constituida se calculó: promedio, desviación estándar (S), la varianza (S<sup>2</sup>) y el coeficiente de variación (CV). Se consideró en este ensayo el tamaño de parcela y no la forma, estimando el promedio de las parcelas de diferente forma con el mismo tamaño.

El tamaño óptimo de parcela experimental fue determinado por el método de máxima curvatura modificada, propuesto por Lessman y Atkins (1963). Este método consiste en la representación gráfica de los coeficientes de variación de cada parcela estimada, con su respectivo tamaño en unidades básicas, representado por la ecuación (1), donde (CV) = coeficiente de variación entre las par-

celas; (X) = tamaño de parcela en unidad básica y los parámetros (A y B) de la función de regresión potencial que se estiman a partir de los datos. Con estos parámetros se obtiene la valoración del tamaño óptimo de parcela, donde el valor de las abscisas corresponde al punto de máxima curvatura (X<sub>MC</sub>), representado por la ecuación (2), donde (A) = constante de regresión (intercepto) y (B) = coeficiente de regresión (inclinación).

$$CV_x = \frac{A}{X^B} \quad (1)$$

$$X_{MC} = \left\{ \frac{A^2 B^2 (2B+1)}{B+2} \right\}^{\frac{1}{(2B+2)}} \quad (2)$$

El modelo lineal segmentado con respuesta *plateau*, propuesto por Paranaíba, Morais y Ferreira (2009), está representado por la ecuación (3), donde CV<sub>(x)</sub> = coeficiente de variación entre las parcelas; (X) = tamaño de parcela en unidad básica; (X<sub>0</sub>) = tamaño óptimo de parcela para la cual el modelo lineal se transforma en *plateau* en relación con las abscisas; (CVP) = coeficiente de variación en el punto correspondiente a *Plateau*; (β<sub>0</sub> y β<sub>1</sub>) = intercepto y coeficiente angular, respectivamente del segmento lineal, y (ε<sub>x</sub>) = error asociado a CV<sub>(x)</sub>, que se asume independiente y con distribución normal, con promedio cero y varianza (S<sup>2</sup>) constante. Para la continuidad de los segmentos, lineal y *plateau*, deben ser igualados los puntos (X<sub>0</sub>), al igual que (β<sub>0</sub> y β<sub>1</sub> = CVP); el tamaño óptimo de parcela fue estimado por la ecuación (4). Para el ajuste del modelo fue utilizado el método de los mínimos cuadrados para modelos no lineales (Paranaíba, Morais y Ferreira, 2009).

$$CV_x = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon_x & X \leq X_0 \\ CVP + \varepsilon_x & X > X_0 \end{cases} \quad (3)$$

$$X_0 = \frac{(CVP - \beta_0)}{\beta_1} \quad (4)$$

El número de repeticiones se determinó por la diferencia mínima significativa (d) del test de Tukey, expresada en porcentaje del promedio del experimento, representado por la ecuación (5), donde q<sub>α(i;GL<sub>E</sub>)</sub> = valor crítico del test de Tukey en el nivel de probabilidad del error; (i) = número de tratamientos; (GL<sub>E</sub>) = número de grados de libertad del error, según un diseño completamente aleatorio [GL<sub>E</sub> = i(r - 1)] y un diseño de bloques completos al azar [GL<sub>E</sub> = (i - 1)(r - 1)]; (CM<sub>E</sub>) = cuadrado medio del error; (r) = número de repeticiones; (m) = promedio del tratamiento.

$$d = \frac{q_{\alpha(i;GLE)} \sqrt{\frac{CME}{r}}}{m} \times 100 \quad (5)$$

De esta forma, sustituyendo en la ecuación (5) el coeficiente de variación experimental en porcentaje en la ecuación (6) para el cálculo de (d) y aislando (r) se obtiene la ecuación (7). La determinación de (r) se realizó mediante un proceso iterativo hasta que convergieron los valores. Para la determinación del número de repeticiones, se asumió el mayor tamaño de parcela obtenido en cada variable evaluada, utilizando los diseños completamente aleatorios y bloques completos al azar con probabilidad de error de tipo I ( $\alpha = 0,05$ ). Los cálculos se realizaron para diferentes números de tratamientos ( $i = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20$  y  $30$ ) y diferentes márgenes de error ( $d = 10\%, 20\%, 30\%$  y  $50\%$ ). De esta forma, cuando se obtenga el menor valor de (d), será mayor la precisión experimental. Esta metodología ha sido implementada por Cargnelutti Filho et al. (2015) y Santos et al. (2016).

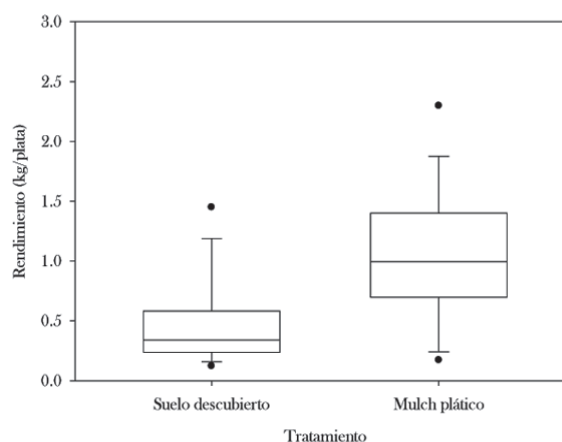
$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{m} \times 100 \quad (6)$$

$$r = q_{\alpha(i;GLE)} \frac{CV}{d^2} \quad (7)$$

Para los análisis estadísticos se diseñó una planilla de cálculos en Microsoft Excel®. El análisis del modelo lineal segmentado con respuesta *plateau* fue realizado con el software SAEG®.

## Resultados y discusión

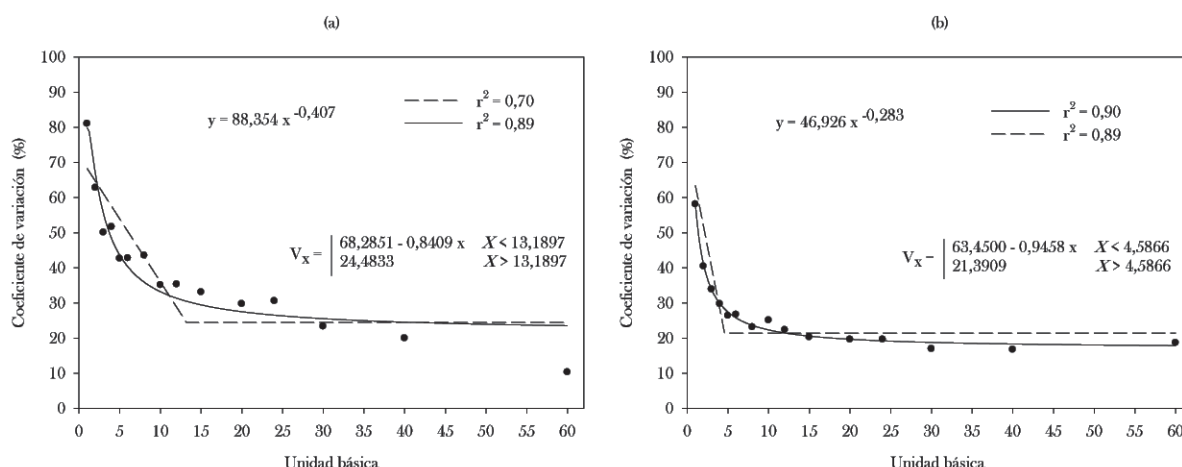
Los valores promedio del rendimiento del boniato cultivado en condiciones de suelo descubierto y con mulch plástico fueron de  $0,50$  y  $1,07$  kg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. En condición de mulch se observó un incremento en el rendimiento de  $53,3\%$ . Novak et al. (2007) obtuvieron resultados similares, señalando que el rendimiento comercial de raíces en boniato fue significativamente mayor con mulch plástico negro, con  $1,15$  kg planta<sup>-1</sup>, que en condiciones de suelo descubierto  $0,51$  kg planta<sup>-1</sup>. Estos resultados están de acuerdo con los reportados por Hochmut y Howell (1983) y Novak, •uti y Toth (2003), quienes mencionaron que los rendimientos más altos se obtuvieron con mulch, debido a que en la zona de la raíz las temperaturas son más altas en la etapa de desarrollo inicial. En la Figura 1 se muestran los BoxPlot de los datos del rendimiento por planta de cada



**Figura 1.** BoxPlot del rendimiento de boniato cultivado en suelo descubierto y con mulch plástico. La línea central de la caja muestra la mediana, la línea inferior y superior de la caja los percentiles 25 y 75 (primer y tercer cuartil respectivamente). Las extensiones verticales («whiskers») comprenden hasta 1,5 veces el rango intercuartil. Los círculos muestran datos fuera de este rango («outliers»).

tratamiento, donde se observa la dispersión de los datos, siendo mayor con mulch, y la mediana, el límite superior e inferior, relativamente simétricos. Sin embargo, en suelo descubierto el límite superior (bigote) muestra mayor dispersión de los datos, siendo ambos asimétricos y la mediana próxima al límite inferior (percentil 25).

La relación entre el coeficiente de variación y el tamaño de parcela de la variable rendimiento, determinado por el método de máxima curvatura modificada y el modelo de regresión lineal segmentado con respuesta *plateau* (LRP) se muestra en la Figura 2. El coeficiente de variación (CV) mostró mayor dispersión en condiciones de suelo descubierto entre el mayor y menor valor, de  $81,1\%$  y  $10,3\%$  respectivamente, y con mulch entre  $58,1\%$  y  $18,6\%$ , lo que muestra menor dispersión entre los datos. El CV decreció a medida que el número de unidades básicas aumentó. Esta es una tendencia esperada, también señalada por Oliveira et al. (2006). El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) mostró menor variación en condiciones de mulch plástico, y el método de máxima curvatura modificada (MCM) mostró mejor ajuste en ambas condiciones. Se podría decir que la variable fue influenciada por la condición de siembra o la performance individual de cada planta, más que por la heterogeneidad del suelo. Oliveira et al. (2006) concluye que el tamaño de la parcela en el cultivo de papa es más influenciado por el valor del coeficiente de variación entre



**Figura 2.** Relación del coeficiente de variación del rendimiento entre unidades básicas en boniato, cultivado en suelo descubierto (a) y con mulch plástico (b), por el método de máxima curvatura modificada (-) y modelo de regresión lineal segmentado con respuesta plateau (—).  $r^2$ : coeficiente de determinación, X: tamaño de parcela.

las parcelas de una unidad básica que por el índice de heterogeneidad del suelo. En general, los tratamientos influyeron en el ajuste de  $r^2$ , demostrando la importancia de determinar el tamaño óptimo de parcela experimental para diferentes variables y condiciones, para aumentar la precisión experimental y como consecuencia para alcanzar ahorro de tiempo, equipo de medición, recursos económicos y humano, entre otros.

El tamaño óptimo de parcela experimental para evaluar el rendimiento en boniato se muestra en el Cuadro 1. El mayor tamaño óptimo fue en condición de suelo descubierto, mostrando diferencias en suelo descubierto de 1,6 unidades básicas y con mulch de 2,0 unidades básicas. También la mayor variabilidad entre el tamaño de parcela lo mostró el modelo LRP, siendo mayor en condición de suelo descubierto. La mayor variabilidad en suelo descubierto puede ser atribuida a la influencia que ejerce la disponibilidad de humedad en el suelo, influyendo en mayor rendimiento y menor variabilidad

del tamaño y peso de raíces. También puede ser ocasionado por la menor variabilidad de temperatura (Hochmut y Howell, 1983; Novak, •uti y Toth, 2003). En relación con el tamaño de parcela, Storck et al. (2005) estudiaron el largo y el ancho de parcela en *Solanum tuberosum*, concluyendo que el efecto del largo es el que define el efecto entre ambos parámetros y que el tamaño óptimo de parcela es una línea de 24 plantas. También, Vallejo y Mendoza (1992) realizaron ensayos para determinar el tamaño de parcela, utilizando tres cultivares de boniato, en tres estaciones experimentales, mencionando que las características ambientales de los sitios de ensayo difirieron sustancialmente. Sin embargo, los procedimientos estadísticos fueron estándar. En estas condiciones, concluyeron que el tamaño óptimo de la parcela fue de 10 unidades básicas (UB), para La Molina y San Ramón, y 5 UB para Tacna (utilizando el método de máxima curvatura). El tamaño óptimo de la parcela de 15 UB fue determinado para La

**Cuadro 1.** Tamaño óptimo de parcela para evaluar el rendimiento de boniato, cultivado en suelo descubierto y con mulch plástico, por el método de máxima curvatura modificada (MCM) y modelo de regresión lineal segmentado con respuesta plateau (LRP), expresado en unidades básicas (UB) y en área (m<sup>2</sup>).

Tratamiento	Métodos de tamaño de parcela			
	MCM (UB)	Área (m <sup>2</sup> )	LRP (UB)	Área (m <sup>2</sup> )
Suelo descubierto	11,5	4,6	13,1	5,2
Mulch plástico	6,5	2,6	4,5	1,8



**Cuadro 2.** Número de repeticiones para diferentes tratamientos (i) para evaluar el rendimiento de boniato en los diseños completamente aleatorizado y bloques completos al azar, cultivado en suelo descubierto y con mulch plástico, asumiendo el coeficiente de variación de 32,7 % y 27,6 respectivamente.

i	Diseño completamente aleatorizado					Diseño de bloques completos al azar				
	Diferencia mínima significativa entre el promedio del tratamiento									
	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
<b>Suelo descubierto</b>										
3	123,6	30,5	14,1	8,3	5,8	126,5	30,9	14,6	8,9	6,1
4	147,0	35,8	16,6	9,7	6,5	148,6	36,4	16,8	9,9	6,8
5	163,5	40,5	18,5	10,7	7,1	165,7	40,5	18,7	10,9	7,3
6	177,1	44,3	20,0	11,5	7,6	177,6	44,3	20,2	11,6	7,8
7	188,6	47,2	21,0	12,2	8,0	188,6	47,2	21,2	12,3	8,1
8	200,0	50,0	22,2	12,9	8,4	200,0	50,0	22,2	12,9	8,5
9	210,3	52,6	23,4	13,4	8,8	210,3	52,6	23,4	13,5	8,8
10	218,0	54,5	24,2	13,8	9,1	218,0	54,5	24,2	13,9	9,1
20	275,9	69,0	30,7	17,2	11,0	275,9	69,0	30,7	17,2	11,0
30	307,8	76,9	34,2	19,2	12,3	307,8	76,9	34,2	19,2	12,3
<b>Mulch plástico</b>										
3	84,7	22,0	10,3	6,2	4,3	86,4	22,4	10,8	6,8	5,0
4	101,5	26,0	12,0	7,1	5,0	101,5	26,4	12,3	7,4	5,1
5	115,3	29,0	13,4	7,9	5,2	115,3	29,3	13,5	8,0	5,5
6	126,2	31,5	14,5	8,4	5,6	126,5	31,5	14,6	8,5	5,8
7	134,4	33,6	15,3	8,9	6,0	134,4	33,6	15,4	8,9	5,9
8	142,5	35,6	16,0	9,3	6,1	142,5	35,6	16,2	9,4	6,2
9	149,8	37,5	16,7	9,7	6,4	149,8	37,5	16,9	9,8	6,4
10	155,3	38,8	17,3	10,0	6,6	155,3	38,8	17,3	10,1	6,6
20	196,6	49,1	21,8	12,3	7,9	196,6	49,1	21,8	12,3	8,0
30	219,3	54,8	24,4	13,7	8,8	219,3	54,8	24,4	13,7	8,8

Molina, Tacna y San Ramón (usando el método de comparación de varianzas); dado que el método de comparación de varianzas es más fiable, se recomienda el uso de parcelas experimentales de 15 UB o 90 plantas (18 m<sup>2</sup>).

En relación con los métodos utilizados, el de MCM puede subestimar los resultados, como lo comentaron Neto et al. (2009) y Lima et al. (2007), quienes señalaron que el método de MCM tiene la tendencia a subestimar el número de plantas por parcela. Paranaíba, Moraes y Ferreira (2009) comentaron que con los tamaños de

parcelas por el modelo LRP se obtienen valores más acordes con las situaciones prácticas. Brito et al. (2012) señalaron que el modelo LRP estima mayor tamaño de parcela en comparación con el método de MCM, debido a que el valor de la abscisa del punto de máxima curvatura tiende a ocurrir en porciones más pequeñas de tamaños de parcela. En tal sentido, Lopes et al. (2005) y Donato et al. (2008) utilizaron varios métodos para determinar el tamaño de parcela, y encontraron que el método más adecuado es el de máxima curvatura modificada.

El número de repeticiones para evaluar el rendimiento en boniato se muestra en el Cuadro 2. Para obtener una diferencia mínima significativa de 10 % entre el promedio de los tratamientos, tendría que emplearse un mayor número de repeticiones en ambas condiciones de siembra y diseños experimentales. El mayor número de repeticiones se requirió en condición de suelo descubierto. Este efecto puede ser debido a que muestra mayor variabilidad en los valores, como consecuencia del mayor coeficiente de variación obtenido para calcular el número de repeticiones, de 32,7 % con suelo desnudo y de 27,2 % con mulch. El número de repeticiones en los diseños completamente aleatorios y bloques al azar mostró resultados similares. Independientemente del diseño experimental, se pueden emplear números de repeticiones similares para detectar la diferencia mínima significativa de 50 % en la variable rendimiento, de cuatro a nueve tratamientos de seis repeticiones en condición de mulch, y de 10 repeticiones en suelo descubierto, con 5 % de probabilidad del test de Tukey. También el empleo de un mayor número de repeticiones es más eficiente que el aumento del tamaño de la parcela. Vallejo y Mendoza (1992) realizaron un ensayo para determinar el número de repeticiones, utilizando tres cultivares de boniato en tres estaciones experimentales, concluyendo que el número adecuado de repeticiones se estimó en cuatro para todos los lugares ensayados (utilizando el método de Hatheway).

El tamaño de parcela y el número de repeticiones puede ser influenciado por la humedad del suelo, la cobertura de mulch plástico negro y la temperatura. Además, el tratamiento con suelo descubierto mostró mayor variabilidad en el rendimiento del cultivo de boniato, afectando el tamaño de parcela y el número de repeticiones. En este contexto, cuando se emplea riego se pueden alterar los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de los datos. Otros ensayos han identificado la magnitud inherente a algunos tipos de tratamiento y sus asociaciones con el tamaño de la parcela. Lopes et al. (2005) en el cultivo de sorgo obtuvieron como resultado una diferencia en el tamaño de parcela entre los tratamientos de espaciamiento entre planta de 0,5 y 0,8 m y densidad de siembra de 100, 160 y 200 mil plantas ha<sup>-1</sup>, concluyendo que el aumento del número de plantas por línea permite parcelas menores. Además Ramalho, Ferreira y Oliveira (2012) señalaron que las fuentes de error experimental en los experimentos realizados en el suelo se encuentran en las diferencias de fertilidad del suelo, la pendiente del terreno, el suministro de agua de irrigación, la incidencia de las enfermedades, la población de plantas, la

competencia intra e interparcelar, el efecto de borde y la heterogeneidad genética del material experimental, entre otras.

## Conclusiones

El tamaño óptimo de parcela experimental para evaluar el rendimiento en boniato en condición con mulch de plástico negro y suelo descubierto es de 5 (12,5 m<sup>2</sup>) y 13 (32,5 m<sup>2</sup>) unidades básicas, respectivamente. El número de repeticiones para determinar con 50 % de diferencia mínima significativa hasta 30 tratamientos es de nueve repeticiones con mulch de plástico negro, y de 12 repeticiones en suelo descubierto, tanto en diseño completamente aleatorio como en bloques completos al azar. Entre los métodos utilizados para determinar el tamaño de parcela, el modelo de regresión lineal segmentado con respuesta *plateau* muestra el menor ajuste en ambas condiciones de estudio.

## Bibliografía

- Brito, M. C. M., Faria, G. A., Morais, A. R., Souza, E. M. y Dantas, J. L. L. (2012). Estimación do tamanho ótimo de parcela via regressão antitônica. *Revista Brasileira de Biometria*, 30(3), 353-366.
- Bussab, W. O. y Morettin, P. A. (2011). *Estatística básica* (7a ed.). São Paulo: Editora Saraiva.
- Cargnelutti Filho, A., Marchesan, E., Silva, L. S. y Toebe, M. (2012). Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipo de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(3), 336-343.
- Cargnelutti Filho, A., Toebe, M., Alves, B. M., Burin, C., Santos, G. O., Facco, G. y Neu, I. M. M. (2015). Dimensionamento amostral para avaliar caracteres morfológicos e produtivos de aveia preta em épocas de avaliação. *Ciência Rural*, 45(1), 09-13. doi:10.1590/0103-8478cr20140504
- Castro, L. A. S., Treptow, R. O., Becker, A., Oliveira, R. P., Campos, A. D., Schoer, E., ... y Dutra, L. (2011). *Cultivar de batata-doce BRS-Cuia*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. (Documentos, 352).
- Cecílio Filho, A. B., Nascimento, S., Silva, A. S. y Vargas, P. F. (2016). Agronomic performance of sweet potato with different potassium fertilization rates. *Horticultura Brasileira*, 34(4), 588-592.
- Donato, S. L. R., Siqueira, D. L., Silva, S. D. O., Cecon, P. R., Silva, J. A. y Salomão, L. C. C. (2008). Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(8), 957-969.
- FAO. (2011). FAOSTAT. Recuperado de <http://faostat.fao.org/site/>
- FAO. (2012). *Agricultural production, primary crops*. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Hochmut, G. J. y Howell, I. C. (1983). Effect of black plastic mulch and raised beds on sweet potato growth and root yield in northern region. *HortScience*, 18(4), 615-620.
- IBGE. (2013). *Produção agrícola municipal*, 40, 102p.
- Lessman, K. J. y Atkins, R. E. (1963). Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield test. *Crop Science*, 3(6), 477-481.

- Lima, J. F., Peixoto, C. P., Ledo, C. A. D. S. y Faria, G. A. (2007). Tamanho ótimo de parcela para experimentos com plantas de mamoeiro em casa de vegetação. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(5), 1411-1415.
- Lopes, S. J., Storck, L., Lúcio, A. D., Lorentz, L. H., Lovato, C. y Dias, V. D. O. (2005). Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(6), 525-530.
- Neto, D. H., Sediya, T., Souza, M. A., Leite, L. F. C. y Blanco, F. F. (2009). Tamanho de parcela para avaliação da produção em trigo irrigado, sob dois sistemas de plantio. *Revista Ciência Agronômica*, 40(1), 86-93.
- Nogueira, C. U., Nogueira, H. M. C. M., Padrón, R. A. R., Jahn, S. L. y Mazutti, M. A. (2016). Irrigation depth and harvest date in sweet potato for conversion to biofuels. *African Journal of Agricultural Research*, 11(51), 5116-5123.
- Novak, B., •utiæ, I. y Toth, N. (2003). *Utjecaj mikorize i obojenih PE-filmova na prinos slatkog krumpira (l. batatas)*. Trabajo presentado en: Proceedings of the 38<sup>th</sup> Croatian Symposium of Agronomists, (pp. 295-298). Opatija.
- Novak, B., •utiæ, I., Toth, N. y Dobriæevia, N. (2007). Sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] yield influenced by seedlings and mulching. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(4), 357-359.
- Oliveira, S. J. R., Storck, L., Lúcio, A. D. C., Lopes, S. J. y Martini, L. F. D. (2006). Índice de heterogeneidade, coeficiente de variação e tamanho ótimo de parcela em batata. *Ciência Rural*, 36(6), 1710-1716.
- Padrón, R. A. R., Nogueira, H. M. C. M., Cerquera, R. R., Albino, G. D. y Nogueira, C. U. (2015). Caracterização físico-hídrica do solo argissolo amarelo para estabelecimento de projeto e manejo da irrigação. *Acta Iguazu*, 4(1), 36-47.
- Paranaíba, P. F., Morais, A. R. y Ferreira, D. F. (2009). Tamanho ótimo de parcelas experimentais: comparação de métodos em experimentos de trigo e mandioca. *Revista Brasileira de Biometria*, 27(1), 81-90.
- Ramalho, M. A. P., Ferreira, D. F. y Oliveira, A. C. (2012). *Experimentação em genética e melhoramento de plantas* (3a ed.). Lavras: UFLA.
- Rós, A. B. (2017). Sistemas de preparo do solo para o cultivo da batata-doce. *Bragantia*, 76(1), 113-124.
- Santos, G. O., Cargnelutti Filho, A., Alves, B. M., Burin, C., Facco, G., Toebe, M., ... y Stefanello, R. B. (2016). Tamanho de parcela e número de repetições em feijão guandu. *Ciência Rural*, 46(1), 44-52. doi:10.1590/0103-8478cr20150124
- Silva, J. G. C. (2007). *Estatística Experimental: Planejamento de experimentos*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas.
- Soil Survey Staff. (1999). *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (2nd ed). Washington: USDA. (Agricultural Handbook, 436)
- Storck, L., Lopes, S. J., Lúcio, A. D. y Cargnelutti Filho, A. (2011). Optimum plot size and number of replications related to selective precision. *Ciência Rural*, 41(3), 390-396. doi:10.1590/S0103-84782011000300005
- Storck, L., Oliveira, S. J. R., Garcia, D. C. y Bisognin, D. A. (2005). Comprimento e largura do tamanho ótimo da parcela experimental em batata. *Ciência Rural*, 35(5), 1043-1048.
- Tao, X., Gu, Y. H., Wang, H. Y., Zheng, W., Li, X., Zhao, C. W. y Zhang, Y. Z. (2012). Digital gene expression analysis based on integrated de novo transcriptome assembly of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. *PLoS one*, 7(4), e36234.
- Vallejo, R. L. y Mendoza, H. A. (1992). Plot technique studies on sweet potato yield trials. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117, 508-511.
- Vieira, A. D., Miranda, V. C., Alves, A. F., Tavares, A. T. y Momenté, V. G. (2015). Avaliação agrônômica de clones de batata doce com potencial para produção de etanol. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, 8(1), 69-74.
- Zanon, M. L. B. y Storck, L. (1997). Experimental plot size for *Eucalyptus saligna* Smith. *Ciência Rural*, 27(4), 589-593.