



ARTÍCULO CORTO

## COEFICIENTE DE HETEROGENEIDAD DEL SUELO PARA ÁREAS EXPERIMENTALES: CASO MENTA

### *Coefficient of soil heterogeneity for experimental areas: Mint case*

José Omar Cardona<sup>1</sup>

#### RESUMEN

*Mentha x piperita es una planta aromática y medicinal ampliamente cultivada por sus aceites esenciales, de hábitat ruderal y adaptabilidad amplia. El objetivo de esta investigación fue definir tamaño mínimo óptimo de parcela, determinar la diferencia a detectar como porcentaje de la media 'd' y establecer recomendaciones experimentales para Mentha x Piperita con base en tamaño de parcela. Plántulas de dos accesiones de Mentha x Piperita y M. spicata previamente propagadas en vivero, fueron establecidos en camas de 1.2m x 1.5m. El coeficiente de heterogeneidad del suelo del lote bajo experimentación fue 0.11973, calculado con base en la fórmula:  $b = \frac{\sum (W_i Q_i P_i) - [\sum (W_i Q_i) (\sum (W_i P_i) / \sum W_i)]}{\sum W_i P_i^2 - (\sum W_i P_i)^2 / \sum W_i}$ , considerándose un valor bajo dentro del rango ( $0 < b < 1$ ), siendo un suelo relativamente homogéneo ( $b = 0.11973$ ), lo que determina una correlación alta entre parcelas adyacentes. Esta característica del suelo, permite el uso de parcelas de tamaño relativamente grande (entre 20.13 y 31.11 m<sup>2</sup>) muy adecuados para áreas bajo cubierta con sustrato implementados en áreas delimitadas. El índice de heterogeneidad del suelo es determinante del tamaño de parcela experimental. La metodología analítica usada permitió estimar el rango óptimo de tamaño de parcela experimental para pruebas de fertilización en Mentha x Piperita, bajo las condiciones experimentales de la prueba; y se recomienda su uso para determinar tamaño de parcela experimental en futuras pruebas con esta especie en otros ambientes.*

#### ABSTRACT

*Mentha x Piperita is an aromatic and medicinal plant widely cultivated for their essential oils, Habitat-ruderal and wide adaptability. The objective of this research was to define optimal minimum plot size, determine the difference to detect as a percentage of the average 'd' and to establish experimental recommendations for Mentha x Piperita plot size-based. Seedlings from two accessions of Mentha x Piperita and M. spicata propagated in the nursery, previously were established in beds of 1.2 m x 1.5 m. Coefficient of heterogeneity of the soil of the lot under experimentation was 0.11973, calculated based on the formula:  $b = \frac{\sum (W_i Q_i P_i) - [\sum (W_i Q_i) (\sum (W_i P_i) / \sum W_i)]}{\sum W_i P_i^2 - (\sum W_i P_i)^2 / \sum W_i}$ , whereas a value low in the range ( $0 < b < 1$ ), being relatively homogeneous flooring ( $b = 0.11973$ ), what determines a high correlation between adjacent plots. This characteristic of the soil, allows the use of relatively large size plots (between 20.13 and 31.11 m<sup>2</sup>) very suitable for under mount with substrate areas implemented in delimited areas. Heterogeneity of soil index is determinant of the size of experimental plot. The analytical methodology used allowed to estimate the optimal range of experimental plot size for evidence of fertilization in Mentha x Piperita, under the experimental conditions of the test; and its use is recommended to determine size of experimental plot in future tests with this species in other environments.*

<sup>1</sup>. Programa de Agronomía.  
Universidad del Pacifico-  
Buenaventura, Valle del  
Cauca-Colombia. Km 13 vía  
al aeropuerto barrio el Triunfo  
Campus Universitario-PBX.  
(2) 2405555 Código Postal:  
764503.  
jocardona@unipacifico.edu.co

#### Palabras clave:

Lamiaceae alt. Labiatae,  
PAMyC (Plantas Aromáticas,  
Medicinales y  
Condimentarias), tamaño de  
parcela experimental,  
fertilización

#### Key words:

Lamiaceae alt. Labiatae,  
PAMyC (aromatic plants,  
medicinal and flavoring),  
experimental plot size,  
fertilization

Rec.: 05.09.2016

Acep.: 21.10.2016

## INTRODUCCIÓN

La menta (*Mentha x piperita*. Fam. Lamiaceae, alt. Labiatae), es un híbrido estéril de *M. acuatica* x *M. spicata* (hierbabuena) (NPGS-ARS/GRIN). Incluye entre 18 (Šariæ-Kundaliæ *et al.*, 2009) y 25 especies (Islam, 2003) más numerosas variedades obtenidas por hibridación espontánea (Islam, 2003; Shasany, s.f.) con gran capacidad de adaptación, caso *M. arvensis* propia del continente americano y 11 híbridos ubicados en cuatro secciones (Pulegium, Tubulosae, Eriodontes y Mentha) (Šariæ-Kundaliæ *et al.*, 2009). Algunos autores sustentan la existencia de *M. villosa* Hunts=*M. spicata* x *M. suaveolens* (<http://www.ipni.org/>; <http://nbn.nhm.ac.uk/nhm/>; <http://www.ubio.org/portal/>) y *Mentha x rotundifolia* (L) Huds. o *Mentha spicata* var. *rotundifolia* L. o *Mentha niliaca* Juss. ex Jacq., se trata de un híbrido entre *Mentha longifolia* auct. non (L.) Huds. y *M. suaveolens* Ehrh. El NPGS-ARS/GRIN reporta en su banco de germoplasma la existencia de tres nortosubespecies, *Mentha x piperita* nortosubespecies: *citrata* (Ehrh.) Briq. (con 17 accesiones), *piperita* y *pyramidalis* (con una accesión cada una).

**Tamaño de parcela experimental en plantas cultivadas.** Tamaño de parcela experimental ha sido determinado para frijol (Mamani, 1971; CIAT, 1982; Escobar *et al.*, 2006;), yuca (Tineo y Villasmil, s.f.) y café (Rodríguez *et al.*, s.f.). A la fecha, para *Mentha x piperita* no se conocen reportes sobre tamaño de parcela. En cultivos comerciales (*Vgr.* frijol, arroz, otros) se ha determinado tamaño de parcela experimental para optimización de respuestas. Lo que sugiere que para *Mentha x Piperita* debe existir un tamaño de parcela que permita reducir costos, hacer uso eficiente del recurso suelo y el uso de diseños experimentales que permitan obtener resultados confiables (Escobar *et al.*, 2006).

El objetivo de esta investigación fue estimar parámetros determinantes de tamaño de parcela (experimental) que permita definir pruebas de campo en *Mentha x piperita*. Como objetivos específicos se plantearon: (i) determinar índices/coeficientes de heterogeneidad del suelo para la zona de estudio, (ii) definir tamaño mínimo óptimo de parcela, (iii) Determinar la diferencia a detectar como porcen-

taje de la media 'd', (iv) establecer recomendaciones experimentales en *Mentha x piperita* con base en tamaño de parcela y (v) definir número de repeticiones. Los datos y resultados de este documento forman parte integral del proyecto 'Manejo integrado de la fertilización en albahaca (*Ocimum basilicum*), menta (*Mentha spicata*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) bajo tres condiciones ambientales en Colombia' (En: Modelos agroexportadores Colombianos. Mayo 29 de 2009, CCB; MADR, 2007; UN-Agronomía/Bogotá).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal.** A partir de un ensayo de fertilización, con plántulas de dos accesiones de *Mentha x piperita* y *M. spicata* previamente propagadas en vivero, fueron establecidos un lote experimental de la Granja 'La Esperanza' Guavio Bajo-Fusagasugá, (Cundinamarca 4° 16' 18"N, - 74°25'04"W., Tmax.=23, Tmin.=11, %HR.=80, Precipitación 1010 mm. anuales, velocidad del viento 5 km/hora, CAPE=4) en camas de 1.2m x 1.5m.

**Calculo Índices de heterogeneidad del suelo.** Para el cálculo del coeficiente de heterogeneidad del suelo, se usó la metodología seguida por Mamani (1971), CIAT (1982), Escobar *et al.* (2006) en frijol, Rodríguez *et al.* (s.f.) en café y Tineo (s.f.) en yuca. Se conformaron 27 arreglos de tamaño-forma de parcela con base en peso fresco, expresado en kilogramos de materia fresca por parcela. Para cada arreglo se calculó: promedio, varianza de rendimiento entre unidades secundarias, Coeficiente de Variación-CV y la varianza por área unitaria ( $V_{xi}=S_i^2/X_i^2$ ), siendo  $X_i$ =el tamaño (m<sup>2</sup>) de la unidad secundaria o el número de unidades primarias conformantes del arreglo final. Se graficó  $X_i$  Vs.  $V_{xi}$  para determinar su relación funcional.

**Calculo de tamaño de parcela.** Para su cálculo se tuvo en cuenta: coeficiente de variación para parcelas de tamaño unitario, número de repeticiones, valores tabulados de 't', escala de valores de diferencia detectada como porcentaje de la media 'd', coeficiente de heterogeneidad del suelo, y porcentaje de nivel de confianza (P=0.8), definida por la relación:

$$X^b = 2(t_1 + t_2)^2 * C_1^2 / r d^2 \text{ En: Escobar et al. (2006)}$$

Donde:

$X$ = tamaño óptimo de parcela útil,

$b$ = coeficiente de heterogeneidad del suelo (ponderado),

$r$  = número de repeticiones (3-4-5),

$d$ = diferencia que se desea detectar entre dos tratamientos, expresada como porcentaje de la media (+),

$t_1$ =valor de  $t$  en tablas para nivel alfa dado y  $(r-1)$   $(t-2)$  grados de libertad, siendo  $t$ =número de tratamientos,

$t_2$ = valor de  $t$  en las tablas para  $(r-1)$   $(t-1)$  grados de libertad y un nivel  $\alpha=2(1-p)$ , donde  $p$  es la probabilidad estimada por el experimentador de obtener un resultado significativo,

$C_v$ = coeficiente de variación entre parcelas unitarias (Escobar *et al.*, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los parámetros determinantes de tamaño de parcela para *Menta x Piperita*. El coeficiente de heterogeneidad del suelo del lote bajo experimentación fue 0.11973, calculado con base en la fórmula:

$$b = \frac{\sum(W_i Q_i P_i) - [\sum(W_i Q_i) (\sum(W_i P_i) / \sum W_i)]}{\sum W_i P_i^2 - (\sum W_i P_i)^2 / \sum W_i}$$
 Escobar *et al.* (2006)

Dónde,

$$Q_i = \text{Log. } V_{xi}$$

$$P_i = \text{Log. } X_i$$

$W_i$ =grados de libertad-g.l.- asociados con la variable  $X_i$ ,

Los cálculos estadísticos son complejos, requiriendo de una macro para facilitar los procedimientos de cálculo. Dentro de los parámetros determinantes de tamaño de parcela de la Tabla 1, los valores de  $t$  y  $p$  fueron seleccionados por los autores. Un coeficiente de heterogeneidad bajo indica suelos homogéneos y la posibilidad de uso de parcelas con tamaños relativamente grandes de 20.13 a 31.11 m<sup>2</sup>. Considerándose un valor bajo

**Tabla 1.** Parámetros para cálculo de tamaño óptimo de parcela en ensayos de *Menta x piperita*.

|         |         |
|---------|---------|
| $t_1$   | 2.070   |
| $t_2$   | 0.858   |
| $CV*CV$ | 509.35  |
| $R$     | 3-4-5   |
| $d*d$   | 3025    |
| $g.l.$  | 14      |
| $P$     | 0.8     |
| $alfa$  | 0.4     |
| $B$     | 0.11973 |
| $P$     | 0.8     |

$CV$ = Coef. De Variación para parcelas de tamaño unitario

$r$ = # de repeticiones

$t_1$ = Valor de  $t$  en tabla para un alfa dado  $(r-1)$   $(t-1)$

$t_2$ = Valor de  $t$  en tabla para un alfa =  $2(1-p)$

$d$ = Diferencia detectada como % de la media

$b$ = Coef. de heterogeneidad del suelo

$p$ = Porcentaje de nivel de confianza

dentro del rango ( $0 < b < 1$ ), siendo un suelo relativamente homogéneo ( $b=0.11973$ ), lo que determina una correlación alta entre parcelas adyacentes. Esta característica del suelo, permite el uso de parcelas de tamaño relativamente grande (entre 20.13 y 31.11 m<sup>2</sup>) muy adecuados para áreas bajo cubierta con sustrato implementados en áreas delimitadas.

Para las condiciones experimentales, el tamaño de parcela experimental va de 2.81 m<sup>2</sup> a 5.35 m<sup>2</sup>. Para el lote experimental de la Granja 'La Esperanza', la metodología de cálculo de tamaño de parcela usada, permite tres opciones: 3.12 m<sup>2</sup> (para  $d=40\%$  con cinco repeticiones), 2.81 m<sup>2</sup> (para  $d=45\%$  con cuatro repeticiones) y 5.35 m<sup>2</sup> (para  $d=50\%$  con tres repeticiones). La diferencia a detectar como porcentaje de la media calculado a partir de la de la relación DMS/media fue 56.2%, tomado del análisis simple

de varianza obtenida en el ensayo de la Tabla 1. Los valores de  $d$  calculados a partir de la fórmula de tamaño de parcela varió de 40-45 y 50%.

Recomendaciones experimentales en *Mentha x piperita* con base en tamaño de parcela:

1. El área experimental bajo cubierta es costosa y requiere de optimización de área. Use la que le permita mínima área. En este caso 2.81 y  $d=45\%$ .
2. A campo abierto y terreno disponible, use el máximo número de repeticiones y el valor mas bajo de ' $d$ '. En este caso R5 y  $d=40\%$ .
3. Por la homogeneidad del terreno ( $b=0.11973$ ) es posible usar parcelas grandes de entre 20.13 y 31.11 m<sup>2</sup>.
4. Siembras comerciales en áreas entre 20.13 y 31.11 m<sup>2</sup>, permitiría: (i) realizar pruebas experimentales en áreas comerciales y (ii) producciones comerciales más homogéneas, dado que se produce en áreas experimentales que garantizan condiciones homogéneas de producción. Es decir el área experimental es igual al área de producción comercial, permitiendo la posibilidad de realizar pruebas experimentales sobre áreas comerciales, con resultados experimentales directamente aplicables a las condiciones comerciales.

La Tabla 2 muestra los estadísticos obtenidos para 27 arreglos de tamaño-forma de parcela con base en (la variable) peso fresco, expresado en kilogramos de materia fresca por parcela. Para las condiciones edáficas del área experimental (Granja 'La Esperanza'-Guavio Bajo, Fusagasugá-Cundinamarca), la metodología de cálculo de tamaño de parcela permite tres opciones: 3.12 m<sup>2</sup> ( $d=40\%$ , 5 repeticiones.), 2.81 m<sup>2</sup> ( $d=45\%$ , 4 repeticiones) y 5.35 m<sup>2</sup> ( $d=50\%$ , 3 repeticiones).

El número de repeticiones para las condiciones experimentales son: cuatro y cinco (repeticiones) para  $d=40\%$ , cuatro para  $d=45\%$ , y tres para  $d=50\%$ . Para condiciones de ensayo real en campo, se debe usar máximo cuatro repeticiones. Los resultados muestran que para cuatro repeticiones los tamaños de parcela son: 20.13 m<sup>2</sup> para 40%, 2.81 m<sup>2</sup> para 45% y 0.48 m<sup>2</sup> para 50%. Con tres repeticiones, los tamaños de parcela recomendables son: 31.11 m<sup>2</sup> para 45% y 5.35m<sup>2</sup> para 50%.

Cuatro repeticiones y  $d=45\%$  optimiza área de trabajo con el valor mas bajo (11.24 m<sup>2</sup>) de área por tratamiento. Las opciones de número de repeticiones son: cinco repeticiones con  $d=40\%$ , parcelas de 3.12 m<sup>2</sup> y 15.6 m<sup>2</sup> por tratamiento; cuatro repeticiones con  $d=45\%$ , parcelas de 2.81 m<sup>2</sup> y 11.24 m<sup>2</sup> por tratamiento; y tres repeticiones con  $d=50\%$ , parcelas de 5.35 m<sup>2</sup> y 16.05 m<sup>2</sup> por tratamiento. Ver Tabla 2.

**Tabla 2.** Porcentajes de diferencia a detectar (25-50%) y número de repeticiones (entre 2 y 8), etiquetando en verde las áreas recomendables de acuerdo a número de repeticiones y valores de ' $d$ '.

| Diferencia a detectar como porcentaje de la media ' $d$ ' |          |          |       |              |             |             |
|---|----------|----------|-------|--------------|-------------|-------------|
|   | 25%      | 30%      | 35%   | 40%          | 45%         | 50%         |
| <b>2R</b>   | 2.00E+07 | 8.00E+05 | 61206 | 6577.8       | 919.64      | 158.22      |
| <b>3R</b>   | 6.00E+05 | 27186    | 2070  | 222.51       | 31.11       | <b>5.35</b> |
| <b>4R</b>   | 51703.0  | 2460     | 187.3 | <b>20.13</b> | <b>2.81</b> | 0.48        |
| <b>5R</b>   | 8019.0   | 381.5    | 29.05 | <b>3.12</b>  | 0.44        | 0.07        |
| <b>6R</b>   | 1749.0   | 83.2     | 6.33  | 0.68         | 0.09        | 0.02        |
| <b>7R</b>   | 482.6    | 22.96    | 1.75  | 0.19         | 0.03        | 0.0045      |
| <b>8R</b>   | 158.2    | 7.5      | 0.573 | 0.06         | 0.008       | 0.0015      |

**AGRADECIMIENTOS**

A, Martha Cecilia Henao PhD. Docente-investigadora Facultad de Agronomía, UN-Bogotá.

A, Jaime Eduardo Muñoz PhD. Docente-investigador Facultad de Ciencias Agropecuarias, UN-Palmira.

**REFERENCIAS**

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) (Ed.) (1982) La heterogeneidad del suelo y los ensayos de uniformidad. Guía de estudio Serie 04SB.03.02. CIAT, Cali, Colombia.

ESCOBAR J A, M C AMÉZQUITA, J E. MUÑOZ, J.A. GARCÍA (2006) Manual de capacitación en biometría para la experiencia en frijol. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Ed. Preliminar, abril de 2006. Taller de publicaciones UN de Colombia-Sede Palmira.

HENAO M C (2009) Manejo Integrado de la fertilización en albahaca (*Ocinum basilicum*), menta (*Mentha spicata*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) bajo tres condiciones ambientales en Colombia". Henao, Universidad Nacional de Colombia/Cámara de Comercio de Bogotá. Modelos Agroexportadores Colombianos AGENDA. 29 de Mayo de 2009.

ISLAM T, S LEUNUFNA, D P DEMBELE, E R, J KELLER (2003). *In vitro* Conservation of Four Mint (*Mentha* spp.) Accessions. *Plant Tissue Cult.* 13(1): 37-46, 2003 (June).

MAMANI-ARÍAS L (1971) Determinación del tamaño forma de parcela y repetición de la parcela para ensayos de rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis MSc. IICA Centro Tropical de Enseñanza e

Investigación. Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales. Turrialba, Costa Rica. Abril de 1971.

MUÑOZ J E (2008) Talleres de Biometría. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Escuela de Posgrados-Palmira. Taller de Publicaciones UN de Colombia-Palmira.

RODRÍGUEZ N, H SÁNCHEZ, B CHÁVEZ (s.f.) Determinación de tamaño y forma óptimos de parcela para ensayos de rendimiento en café. *Rev. Col. de Estadística* No. 27.

ŠARIĆ-KUNDALIĆ B, S FIALOVÁ, CH DOBEŠ, S ÖLZANT, D TEKELOVÁ, D GRANČAI, G REZNICEK, J SAUKEL (2009) Multivariate Numerical Taxonomy of *Mentha* Species, Hybrids, Varieties and Cultivars. *Sci. Pharm.* 77; 851-876. Open access en: [www.scipharm.at](http://www.scipharm.at)

SHASANY A K, A K SHUKLA, S GUPTA, S RAJKUMAR, S P S KHANUJA (2009). AFLP analysis for genetic relationships among *Mentha* species. *PGR Newsletter* FAO-Biodiversity. Published in Issue No.144, page 14 to 19.

TINEO-GONZÁLEZ J R, JJ VILLASMIL-PÁEZ (s.f.) Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 7(2):116-126.

URL, HEIKE VIBRANS (ed.), (2009). Malezas de México, fecha de acceso: marzo 31 de 2010.

USDA, ARS, National Genetic Resources Program (2010) *Germplasm Resources Information Network - (GRIN)* [Online Database]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?24078> (31 March 2010).