

Mallas de muestreo para estimar la producción de racimos de fruta fresca (RFF) en cultivares híbridos OxG

Liseth Estefanía Vargas-Medina, Eloína Mesa-Fuquen, Mauricio Mosquera-Montoya, Rodrigo Ruiz-Romero y Wilson Pérez-Toro

Autora para correspondencia: emesa@cenipalma.org, Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma

Introducción

La intensificación de la palma de aceite en Colombia se ha convertido en la clave para conseguir cultivos sostenibles, entendiendo que, mediante el uso de prácticas amables con el medio ambiente, es posible alcanzar mayor cantidad de aceite de palma. Para hacer seguimiento de esta iniciativa la variable a monitorear es el rendimiento del cultivo, expresado en toneladas de racimos de fruta fresca (RFF) por hectárea (Hoffmann *et al.*, 2017; Woittiez *et al.*, 2017). La estimación del rendimiento se realiza mediante mallas de muestreo que varían según el tamaño del área de interés. Las más utilizadas son cada 5 palmas y cada 5 líneas (5x5), 7x7 o 10x10. Esta estrategia de muestreo supone que la producción de RFF es la misma en todo el lote; sin embargo, el número de las estructuras reproductivas depende de las condiciones edafoclimáticas del lugar en donde se plantó cada palma y, por ende, existe una variación en el número de racimos que produce cada individuo a lo largo y ancho del lote.

Debido a esto, se hace necesario implementar otras metodologías que tengan en cuenta esta variación de la producción de RFF en el espacio. La estadística espacial ha mostrado ser una herramienta para el análisis de este tipo de variables y es una alternativa viable para definir planes de muestreo adecuado. Este póster presenta los resultados de un estudio cuyo objetivo fue proponer un plan de muestreo que permita una estimación precisa del rendimiento de cultivos de palma de aceite, teniendo en cuenta la variación de esta característica en el espacio.

Materiales y métodos

Se analizaron cinco lotes (Figura 1) distribuidos en los campos experimentales de Cenipalma (Tabla 1), sembrados con híbridos interespecíficos OxG (*E. oleifera* x *E. guineensis*). Los datos se recolectaron una sola vez en el año 2020. Se contaron las inflorescencias femeninas visibles y los racimos en todas las palmas mediante un censo de producción.

Análisis estadístico de los datos

1. Análisis descriptivo: consiste en estimar estadísticos de resumen (promedio, mediana, valores mínimos y máximos, desviación y coeficiente de variación) y gráficos exploratorios (Tabla 1).

2. Análisis espacial: se emplea la semivarianza para cuantificar y modelar el comportamiento de la producción de racimos e inflorescencias femeninas en el espacio. Esta metodología permite medir qué tan similar o disímil es la producción de RFF de una palma con respecto a sus palmas vecinas en cualquier dirección (Souza *et al.*, 2004).

Estimación de la semivarianza

- Se toman todas las palmas a una distancia de 9 m (círculo naranja en la Figura 2a) y se estima la varianza del número de RFF.
- Se toman las palmas a una distancia de 18 m (círculo verde en la Figura 2a) y se repite la estimación.
- Este procedimiento se realiza para todas las distancias posibles entre las palmas (27 m, 36 m, 45 m o mayor distancia), dependiendo del tamaño del área bajo estudio. Finalmente, la semivarianza estimada se grafica en función de la distancia (Figura 2b).

3 Estimación de mallas de muestreo: al representar la semivarianza gráficamente, se pueden observar algunos parámetros de interés como la silla y el rango (Figura 2b). El rango determina el punto a partir del cual la producción de estructuras reproductivas entre las palmas no está relacionada, representa la distancia a la cual se debe realizar el muestreo de racimos e inflorescencias femeninas. Como la distancia debe mantenerse en todas las direcciones, se genera una malla de muestreo.

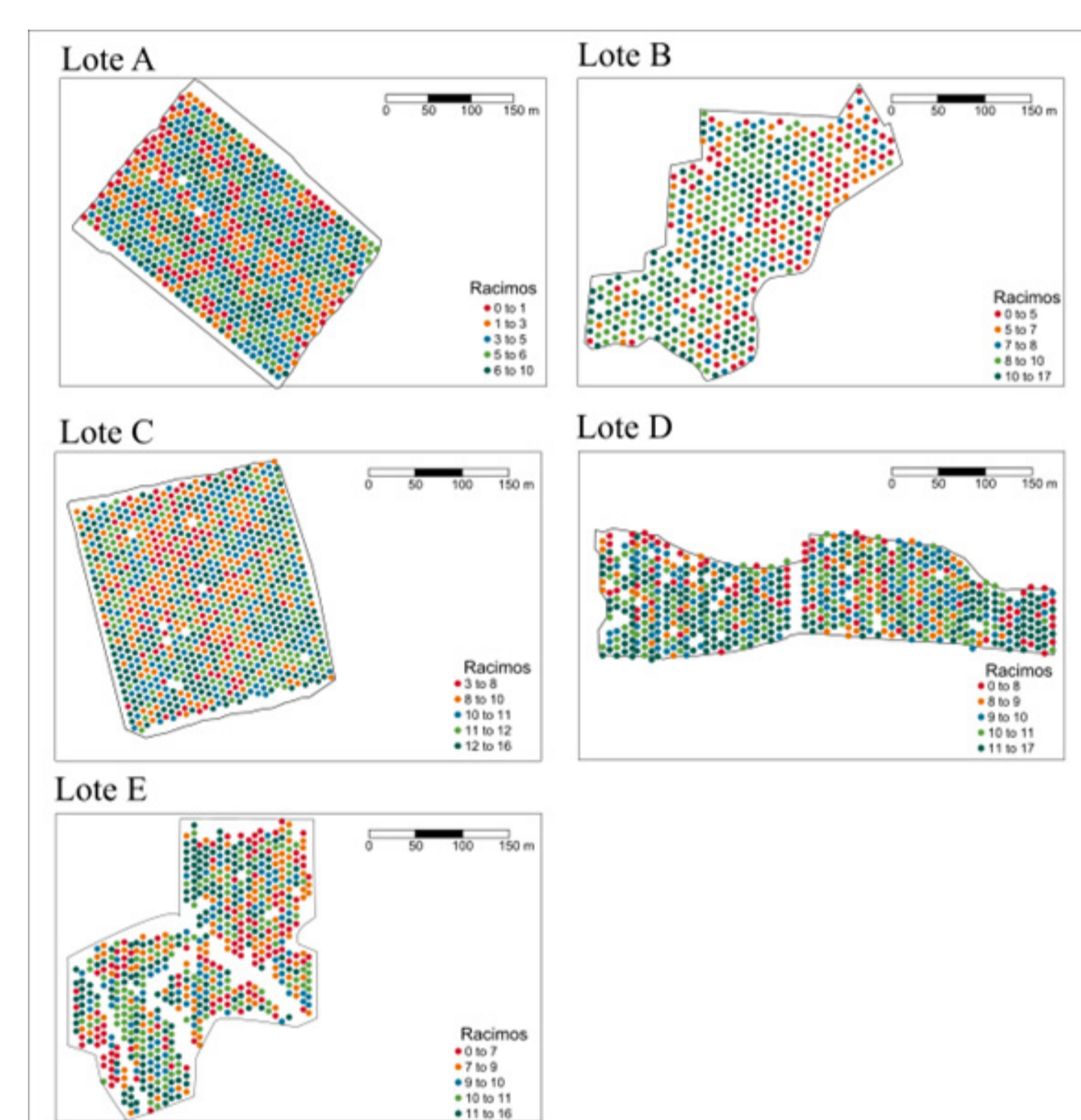


Figura 1. Comportamiento espacial de la producción de racimos por palma.

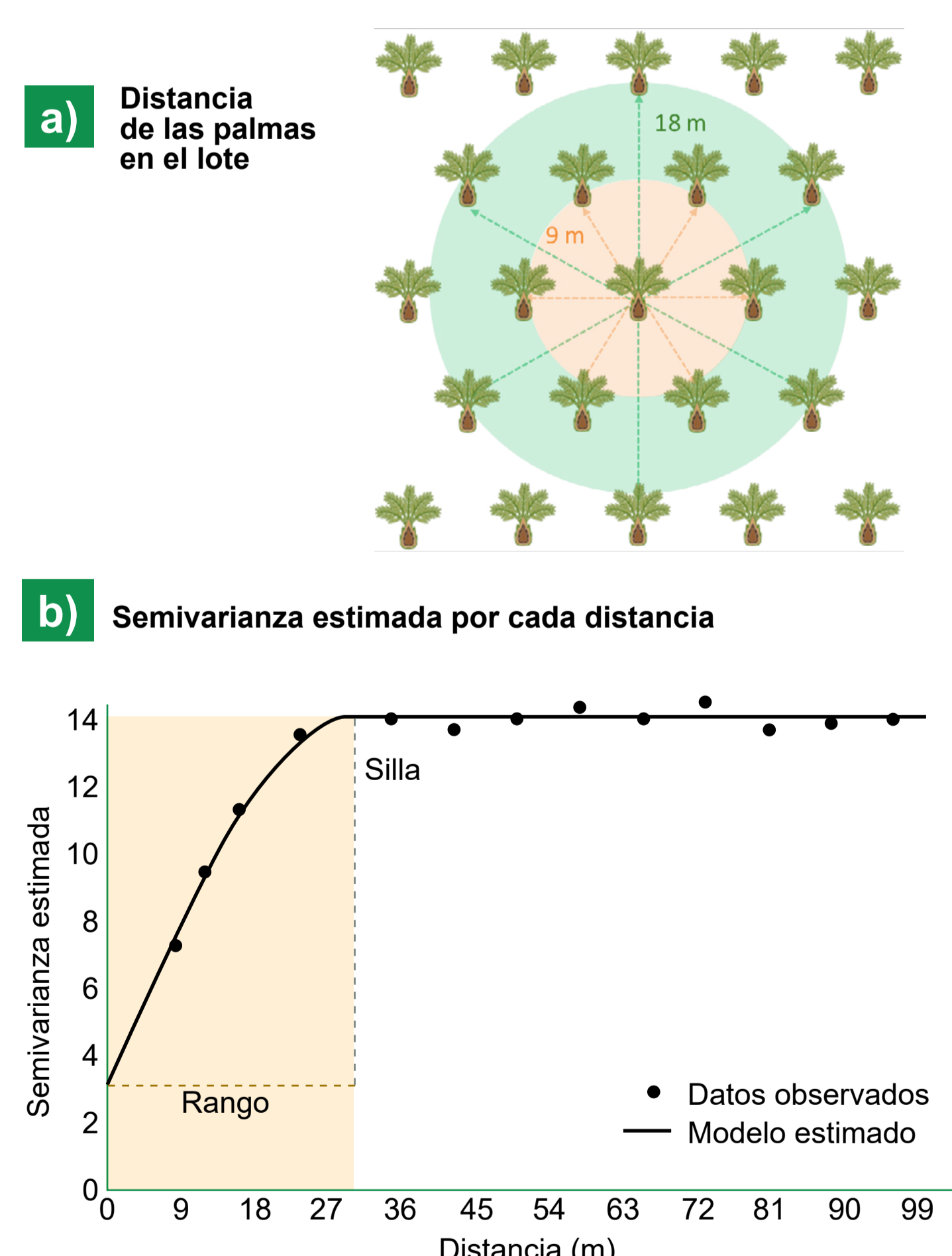


Figura 2. a) Distancias entre palmas para estimar la semivarianza. b) Representación de la semivarianza en función de la distancia.

Resultados

Cada lote cuenta con diferentes características edafoclimáticas y de manejo, lo cual influye en la producción de RFF por palma. El lote A es el menos productivo con una mediana de 4 racimos/palma. Lo anterior se explica porque el cultivo del lote A está sometido a déficit hídrico. En el resto de los lotes la mediana fue de aproximadamente 10 racimos/palma. Al analizar los valores mínimos y máximos, se observó que la amplitud oscila entre 0 y 20 racimos/palma (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización del número de racimos de fruta fresca por palma en los lotes estudiados.

Lote	Lote A	Lote B	Lote C	Lote D	Lote E
Zona	Norte	Central	Oriental	Suroccidental	
Campo experimental	CEPS [1]	CEPV [2]	CEPC [3]	FELP [4]	
*Edad (años)	4	9	5	7	
Palmas totales	751	475	905	677	611
Promedio	4	7	10	9	9
Mediana	4	8	10	10	9
Mínimo	0	0	3	0	0
Máximo	10	17	16	17	16
DE	2,27	2,99	2,31	2,55	2,97
CV	63 %	41 %	23 %	27 %	34 %

*Edad del lote al momento del estudio; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

- [1] Campo Experimental Palmar de la Sierra (Magdalena, Zona Norte)
[2] Campo Experimental Palmar de la Vizcaina (Santander, Zona Central)
[3] Campo Experimental Palmar de las Corocoras (Cundinamarca, Zona Oriental)
[4] Finca Experimental La Providencia (Nariño, Zona Suroccidental)

Se estimó la semivarianza para cada lote y se encontró que la producción de inflorescencias femeninas y racimos en la palma presenta dependencia espacial (Tabla 2). El Lote B presentó la distancia más alta de dependencia espacial (rango mayor a 70 m) y la distancia de autocorrelación más corta se presentó en el Lote A (rango menor a 25 m). Se encontró que con excepción del Lote A, los modelos ajustados presentaron una fuerza de dependencia espacial moderada (28 % - 45 %).

Tabla 2. Estimación de los parámetros de la semivarianza y mallas de muestreo propuestas por lote.

Lote	Lote A	Lote B	Lote C	Lote D	Lote E
Zona	Norte	Central	Oriental	Suroccidental	
Edad (años)	4	9	5	7	
Rango (distancia de dependencia espacial)	21,46	77,81	49,39	43,33	44,53
Fuerza de relación espacial (%)	24	28	43	45	38
Malla de muestreo	3x3	9x9	5x5	5x5	5x5
Error de estimación (%)	8	7	8	4	4

Para el Lote A, los racimos deben seleccionarse a una distancia de 25 m aproximadamente (malla 3x3). Los lotes C, D y E con edades entre 5 y 7 años requirieron una distancia de muestreo superior a 40 m (malla 5x5). Finalmente, el Lote B, con palmas de 9 años, requieren una distancia de muestreo de 78 m (malla 9x9). Todas las mallas identificadas presentan un error menor al 10 %.

Conclusiones

- Los resultados encontrados demuestran que no es posible definir una grilla universal y que deben tenerse en cuenta las condiciones específicas de cada lote.
- El método propuesto mostró resultados satisfactorios, con un error de estimación menor al 10 %, permitiendo diseñar planes de muestreo basados en la variación de la producción en el lote.
- La producción de racimos e inflorescencias femeninas por palma muestran una variabilidad espacial que debe ser considerada en futuros análisis.
- Tres de los lotes con cultivares híbridos OxG requirieron mallas de muestreo de 5x5. El lote con las plantas más jóvenes requirió un tamaño de muestra mayor y una malla de muestreo más densa (muestreo 3x3).

Referencias bibliográficas

- Hoffmann, M. P., Donough, C. R., Cook, S. E., Fisher, M. J., Lim, C. H., Lim, Y. L., Cock, J., Kam, S. P., Mohanraj, S. N., Indrasuara, K., Tittinutchanon, P., & Oberthür, T. (2017). Yield gap analysis in oil palm: Framework development and application in commercial operations in Southeast Asia. *Agricultural Systems*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.11.005>
- Vargas-Medina, L., Ruiz-Romero, R., Mosquera-Montoya, M., Pérez-Toro, W., & Mesa-Fuquen, E. (2025). Determinación de mallas de muestreo para estimar la producción de racimos de fruta fresca en cultivos de palma de aceite sembrados con híbridos OxG. *Palmas*, 45(3), 35-42.
- Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M., & Giller, K. E. (2017). Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. In *European Journal of Agronomy* (Vol. 83). <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.11.002>

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por financiar este proyecto de investigación.

La información contenida en este póster es responsabilidad de los autores

CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO