

# Distribución de clínicas por cercanía a hospitales, Gran Área Metropolitana de Costa Rica.

Fiorella Laurito y Fabián Hernández

**Abstract**—El objetivo de este estudio es verificar la hipótesis de que la presencia de un hospital público en el Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica, hace que a su alrededor se construyan centros de salud privados. Para esto se cuenta con la locación de 491 clínicas privadas dentro de la GAM y la locación de 13 hospitales públicos dentro de esta misma área. Se calculó la distancia caminable de cada uno de estas clínicas a los 13 hospitales públicos para usarla como covariable en el análisis de densidad. Se usaron tres estadísticas de resumen de segundo orden para verificar la agrupación. Para el estadístico G, al estar la línea estimada, por encima de la teórica (Figura 3), parecer ser que los centros médicos presentan una distribución agrupada, mismo resultado que concuerda con el estadístico K (Figura 4) y con el gráfico de la función F (Figura 5). Además, se calculó un modelo Poisson no homogéneo con la covariable de distancia caminable, dando esta covariable significativa e interpretándose como: por cada aumento en una unidad de la distancia caminada al hospital más cercano, la densidad de clínicas o consultorios médicos disminuye en 0.9997 unidades.

**Palabras claves:** Procesos puntuales espaciales; covariables espaciales; intensidad; distribución espacial; clínicas; estadístico G; estadístico F; estadístico K

## I. INTRODUCCIÓN

Huli es una empresa de Costa Rica cuyo objetivo principal es crear soluciones de software para conectar pacientes, profesionales de la salud y centros médicos. Los servicios de la empresa son adquiridos en un esquema SAAS (Software As A Service) por pago de suscripción mensual o anual.

Los principales clientes de la empresa son profesionales de salud que a la vez trabajan en clínicas o centros de salud. Dada la penetración de Huli en el mercado de salud privada en Costa Rica y principalmente en el Gran Área Metropolitana (GAM), se cree que estas clínicas son una buena representación de la distribución espacial de clínicas en esta región particular.

Costa Rica se divide en 482 distritos de los cuales 191 conforman la GAM, donde se concentra la mayoría de la población y el comercio del país.

Esta área corresponde aproximadamente al 19% del total del territorio costarricense, sin embargo, alberga al 54% de la población.

Esta concentración de personas ha hecho que en esta área se lleve acabo la mayor parte del comercio costarricense, por ende concentra la mayor cantidad de centros de salud tanto públicos como privados.

Según la página oficial de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), dentro de esta misma región se encuentran 13 hospitales públicos. Para este estudio se parte de la hipótesis de la existencia de centros médicos está relacionada con la cercanía con hospitales públicos.

En la estadística espacial, el análisis de procesos puntuales tiene el fin de evaluar la fuerza de la interacción o la dependencia entre los puntos (clínicas o centros de salud), en otras palabras a mediante de este análisis, se puede determinar el tipo de distribución espacial o las causas que generan la aparición de estos clínicas y centros médicos [1].

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es verificar la hipótesis de que la presencia de un hospital público, hace que a su alrededor se construyan centros de salud privados en mayor densidad. Para esto se realizará un estudio de procesos puntuales, usando cada una de las clínicas como puntos dentro de la GAM y cada uno de los 13 hospitales públicos, como puntos de referencia para verificar si parece o no haber mayor concentración a su alrededor.

## II. RESULTADOS

### A. Mapeo de centros médicos

En primera instancia se efectuó una representación gráfica del patrón puntual de las clínicas y médicos clientes de Huli (puntos de color negro) y los hospitales públicos (puntos de color rojo) Figura 1. Se aprecia que la mayoría de centros médicos están agrupados en la provincia de San José. Cabe destacar que ubicaciones donde se encuentran los hospitales públicos, tienden a presentar centros médicos cercanos. Por lo tanto, estas afirmaciones dan indicios de que el proceso puntual espacial de los centros médicos no tiene un comportamiento completamente aleatorio.

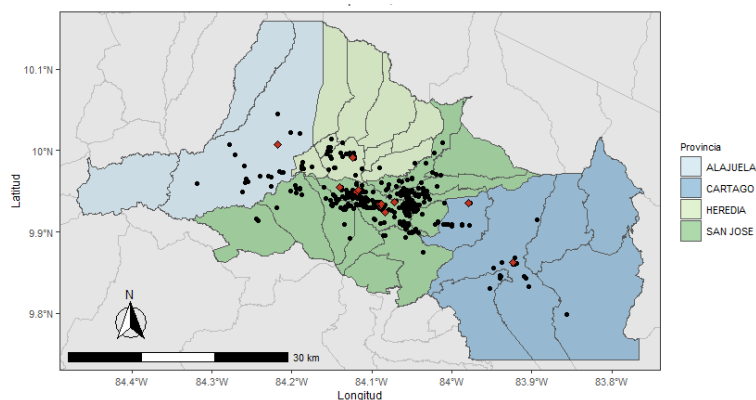


Fig. 1. Distribución de clínicas inscritas según provincia, Gran Área Metropolitana, Costa Rica

### B. Estimación de la intensidad

La respectiva estimación de la intensidad se realizó mediante la prueba de distintos tipos de kernel y anchos de banda.

En el Figura 2 se observa la intensidad estimada a partir de un kernel gaussiano y ancho de banda de 0.65 m, el cual fue escogido debido a que se cree tiene la mejor representación visual para la distribución de clínicas estudiada.

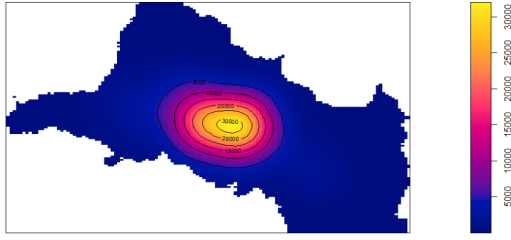


Fig. 2. Mapa de la Intensidad de centros médicos (Puntos/unidad de área) para  $h=0.65$  m

### C. Estadísticas de resumen de segundo orden

Parecería no existir homogeneidad en la distribución espacial de las clínicas y consultorios médicos, para corroborarlo se calcularon tres estadísticas de resumen de segundo orden: la función G de correlación por pares, la función del espacio vacío F y la función K de segundo momento reducida.

Con respecto a la función G (Figura 3), se observa que línea estimada a partir de los datos está por encima de la línea azul (distribución teórica), lo cual confirma que los centros médicos presentan una distribución agrupada. Asimismo, la función K concuerda con que las clínicas y consultorios médicos presentan una distribución agrupada (Figura 4).

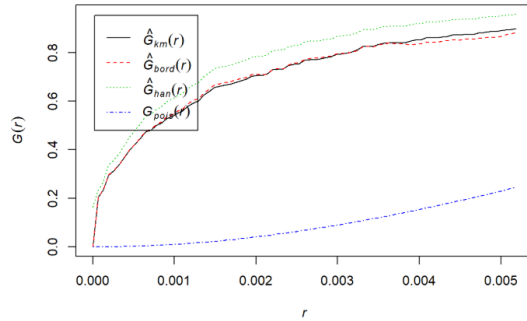


Fig. 3. Función G, para los datos de los centros médicos inscritos

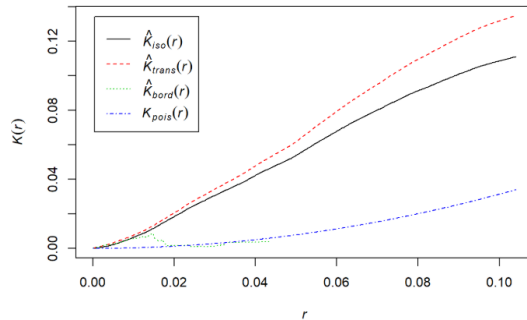


Fig. 4. Función K, para los datos de los centros médicos inscritos

Por otro lado, la manera de interpretar el gráfico de la función F es inversa a las anteriores. No obstante, se

evidencia que las clínicas tienden a presentar agrupaciones (Figura 5).

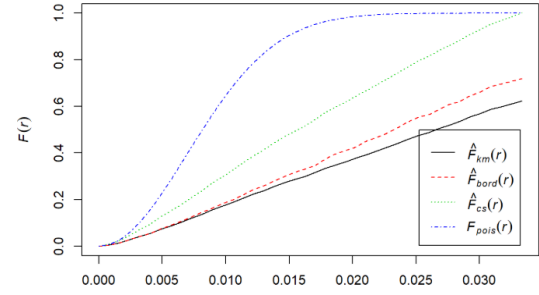


Fig. 5. Función F, para los datos de los centros médicos inscritos

### D. Estimación de los modelos

La variable dependiente del modelado corresponde a la intensidad de centros médicos por m<sup>2</sup> (expresado como la forma log-lineal), mientras que la covariable espacial a analizar corresponde a la distancia caminada (m), de cada centro médico al hospital público de la CCSS más cercano.

Los parámetros de las variables fueron estimados por máxima verosimilitud, para así evaluar la dependencia espacial de los centros médicos con respecto la distancia al hospital más cercano, para ello se construyeron una serie de modelos diferentes:

- 1) Modelo Poisson homogéneo
- 2) Modelo Poisson no homogéneo sin la covariable
- 3) Modelo Poisson no homogéneo con la covariable
- 4) Modelo Poisson únicamente con la covariable

Iniciando con el modelo de aleatoriedad espacial completa o proceso puntual Poisson homogéneo, el cual únicamente está expresado por el coeficiente de intercepto (modelo nulo), en otras palabras la intensidad se asume homogénea a lo largo de todo el espacio de estudio, sin importar su ubicación. Para este modelo, la intensidad está expresada de la forma  $\lambda(x; y) = e^{8.11044} = 3329.042$ , lo cual representa el número de centros médicos para la región de estudio.

Posteriormente, se construyeron los modelos Poisson no homogéneo (incorporando los coeficientes de latitud y longitud). El primer modelo Poisson no homogéneo, sin la covariable de distancia, está definido por  $\lambda(x; y) = e^{-76.97-1.12x-0.904y}$ . El segundo modelo Poisson no homogéneo, que se construyó incorpora la covariable de interés, cuya ecuación del modelo está dada por  $\lambda(x; y) = e^{-380.24-5.66x-8.58y-0.000276Z}$ . Además, se construyó un modelo Poisson con únicamente la variable distancia al hospital más cercano, como predictora, el cual está definido de la forma  $\lambda(u) = e^{10.04-0.000225Z}$ .

Para la selección del modelo, se efectuaron pruebas de razón de verosimilitud, a través de comparaciones entre pares de modelos que estuvieran anidados. Las combinaciones fueron (1) vs (2) y (4) vs (3), cuyos resultados en ambos casos presentó una diferencia significativa. Por lo tanto, el modelo más adecuado fue el modelo (3) ya que presenta un

mejor ajuste a los datos, todos sus coeficientes son significativamente distintos a cero, y cuya ecuación se representa a continuación:

$$\lambda(x; y) = e^{-380.24 - 5.66x - 8.58y - 0.000276Z} \quad (1)$$

donde Z representa: la distancia (m) de cada centro médico al hospital público más cercano.

Por lo tanto, manteniendo las demás variables constantes, por cada aumento en una unidad de la distancia caminada al hospital más cercano, la densidad de clínicas o consultorios médicos disminuye en 0.9997 unidades.

### III. CONCLUSIONES

- La mayoría de centros médicos están agrupados en la provincia de San José.
- En general, las ubicaciones donde se encuentran los hospitales públicos, tienden a presentar centros médicos cercanos.
- Las estadísticas de resumen de segundo orden (funciones, K y F), concuerda con que no existe homogeneidad en la distribución espacial de las clínicas y consultorios médicos, es decir presentan agrupaciones.
- La existencia de los centros médicos está relacionado con las coordenadas de latitud y longitud, es decir no son un evento homogéneo.
- No se rechaza la hipótesis de investigación de que la existencia de clínicas y consultorios médicos está relacionada con la cercanía de las mismas a hospitales públicos.

### REFERENCES

- [1] A. J. Baddeley, J. Møller, and R. Waagepetersen. Non- and semi-parametric estimation of interaction in inhomogeneous point patterns. *Statistica Neerlandica*, 54(3):329–350, 2000.