

Analítica

Localización de centros de empleo y su influencia
sobre la distribución de la población en el Distrito
Metropolitano de Quito

Diego Rojas

Coordinación de Investigación y Análisis. Instituto
Nacional de Estadística y Censos



www.ecuadorencifras.gob.ec



Localización de centros de empleo y su influencia sobre la distribución de la población en el Distrito Metropolitano de Quito

Diego Rojas¹

Coordinación de Investigación y Análisis. Instituto Nacional de Estadística y Censos

Resumen

Este trabajo estudia la influencia de la actividad económica, representada por centros de empleo, sobre las preferencias de localización de la población. Para esto analiza los patrones de distribución de la población en 2001 y 2010. Además analiza los patrones distribución del empleo e implementa una técnica de identificación de centros de empleo. Finalmente estudia la relación de los centros de empleo y la población a través de análisis descriptivos y econométricos. El trabajo encuentra 9 centros de empleo que tienen influencia sobre la distribución de la población, el comportamiento que predomina es el cambio de uso del suelo de habitacional a económico en la localización de los centros de empleo.

Palabras clave: población, centros de empleo, localización, identificación .

Abstract

This document explores the influence of economic activity, represented by employment centers, over the population localization preferences. To achieve this I inquire about the population distribution patterns in 2001 and 2010. I also analyze the distribution patterns of employment and implement a technique to identify employment subcentres. Finally I study the relation between the employment subcentres and the population through descriptive statistics and econometric models. I found nine employment subcentres that wield some influence over the distribution of population, the dominant behavior is the change in the land use from housing to economic ends at the location of employment subcentres.

Keywords: population, location, employment subcentres, identification.

¹diego_rojas@inec.gob.ec

1 Introducción

La existencia de múltiples centros de empleo en una ciudad es el resultado de la interacción de muchos elementos en las decisiones de sus habitantes. El crecimiento de las ciudades, la evolución de la tecnología, el transporte, la actividad industrial y la actividad inmobiliaria han determinado que el espacio urbano cambie. Y el resultado de la evolución es que en las ciudades es un proceso de dispersión de la actividad económica y la población que contradice al fenómeno de concentración que sufren las ciudades en sus primeras etapas de crecimiento. La forma como estos centros de empleo definen la localización de las personas en las ciudades, no puede ser ajena del interés de una ciudad como el Distrito Metropolitano de Quito que registra un crecimiento importante tanto en términos poblacionales, como urbanos en las últimas décadas.

El intento de caracterizar la forma de la ciudad dio origen a lo que se conoce como el modelo de ciudad monocéntrica. Esta ciudad es una forma de organización del espacio que responde a un modelo de uso de la tierra propuesto por Von Thünen (1996). En su obra *El Estado Aislado*, propone un modelo que define una forma de toma de decisiones de localización de los productores agrícolas. Estos se distribuyen en el territorio en anillos concéntricos alrededor de un mercado principal ubicado en el centro de la ciudad.

El trabajo de Alonso (1964), que es una adaptación del modelo del uso del suelo agrícola de Von Thunen, pretende demostrar que las ciudades se ajustan a un prototipo monocéntrico; alrededor de lo que él llama el *Central Business District*, -CBD-; concepto que ocupa el lugar del mercado de la ciudad en una concepción más moderna de aquella de la ciudad tunecina del siglo XIX. Las principales características de este CBD serán: precios altos en el suelo y la mayor densificación del espacio tanto en población como en de la distribución de la actividad económica. Además determinará la existencia de una disposición espacial que se subordina a la localización presupuesta de este. Esta distribución del suelo es pareto eficiente (Fujita and Thisse (2002)) debido a la simplicidad del modelo que no incorpora externalidades sino que están basadas puramente en las decisiones de los agentes privados; esta característica desaparece cuando se incorpora en el análisis cuestiones como medio ambiente, congestión, amenidades² y otros factores (Anas et al. (1998)). El modelo de ciudad monocéntrica entonces es una buena representación de una ciudad pequeña (Redfean (2007)) que no sufre de las externalidades antes mencionadas.

La estructura policéntrica de las metrópolis es una hipótesis que se ha contrastado ampliamente desde la economía urbana (Cervero and Wu (1997); Anas et al. (1998); Fujita and Thisse (2002); McMillen (2003)), obteniendo resultados concluyentes: las grandes ciudades están sufriendo un proceso de policentralización. La discusión ahora gira alrededor de la interacción que existe entre los varios centros de empleo que se pueden encontrar en una ciudad y la distribución del empleo, la población, las amenidades, recursos financieros y otros. La

²Se llama amenidades a equipamientos de tipo cultural, social, entre otros; que presentan ventajas para las personas que se localizan más cerca de ellos. Ejemplo: Parques, cines, teatros, etc.

existencia de estos centros de empleo sería causado por una tensión en la relación de fuerzas de aglomeración y de dispersión, que resultan del proceso de producción y de los factores internos y externos para motivar su aglomeración (Anas et al. (1998)). Tanto la perspectiva de la Nueva Economía Urbana, que sigue la línea del modelo monocéntrico, como la teoría del lugar central³ concuerdan en la existencia de este fenómeno, aunque proveen una explicación distinta. El modelo de ciudad policéntrica supone la existencia de una relación estable entre distintas características alrededor de los centros de empleo (Muñiz et al. (2008)). Esta población tomará sus decisiones de localización en función de su restricción presupuestaria y esto determinará entonces la aparición de una configuración social alrededor de este hecho. De la misma manera como lo haría con respecto al CBD en un modelo de ciudad monocéntrica; la diferencia radica en que la existencia de las múltiples centralidades suponen la existencia de efectos de aglomeración y dispersión que están vinculados a los procesos de decisión, óptima y pareto eficiente, de elección de una localización de los individuos.

Mientras el estudio de la dispersión y policentralización de las ciudades es un cuerpo amplio de estudios; por otra parte la forma de identificar la localización y la extensión de los centros de empleo es todavía un espacio en desarrollo temprano (Redfearn (2007)). (Redfearn 2007). La necesidad de entender como los distintos actores y fuerzas que convergen en la ciudad se comportan con respecto a la existencia de estos centros de empleo hace que el desarrollo de métodos de identificación de centros de empleo sea un objeto de estudio de interés para académicos y actores públicos. Los métodos de identificación de centros de empleo se pueden calificar en tres grandes ramas: los basados en análisis de clúster; los basados en técnicas paramétricas; y los basados en técnicas no paramétricas (Redfearn (2007)).

La evidencia que se muestra en las metrópolis del mundo desarrollado es contundente y apunta a procesos de dispersión de la actividad económica en el espacio urbano; las ciudades de otras regiones del mundo tienen un nivel de investigación mucho menor en el tema. En el caso latinoamericano la noción de policentralismo está presente entre el discurso de los estudiosos. Sin embargo los esfuerzos que existen para implementar métodos robustos para la identificación de centros de empleo son pocos. Dentro de lo más significativo en la línea de estos esfuerzos se encuentra los trabajos de Rojas et al. (2009), usa el método de splines cúbicos para el área metropolitana de concepción siguiendo a Muñiz et al. (2003). Avedaño (2012) utiliza también la metodología desarrollada en la Universidad autónoma de Barcelona (Muñiz et al. (2003)) para el caso de Bogotá. Para el caso de Quito existe un trabajo de identificación de centros de empleo (Mancheno and Rojas (2013)) que sigue un método no paramétrico basado en ajuste de superficies de la densidad de empleo (McMillen (2001)). Existen trabajos en términos de la descripción de la policentralidad de las ciudades

³La explicación de esta teoría es la integración de centros poblados debido a la ampliación del mercado, que supone la especialización de los centros poblados en un sistema de ciudades. Este trabajo no desarrolla la perspectiva de la teoría del lugar central de la policentralidad debido a que tiene un enfoque de corte de la NEU, para trabajos al respecto de esta ver: Clark and Kuijpers-Linde (1994); Champion (2001)

latinoamericanas, pero que usan técnicas y métodos de orden cualitativo, histórico u otros para determinar esta cualidad (Vallejo (2008); Link (2008); Segre (2008); Schelotto (2008)).

Esta mínima presencia de estudios cuantitativos que den cuenta de la validez de la hipótesis de la policentralidad en las metrópolis latinoamericanas supone al menos tres falencias en el estudio de la forma de la ciudad. El primero es la ausencia de evidencia que muestre que este fenómeno está presente en toda la región y en qué medida. El segundo aspecto es que si bien puede existir esta realidad es necesario entender cuál es el mejor método para identificar la presencia de estas centralidades en el contexto latinoamericano, pues la mayor parte de las técnicas desarrolladas son probadas en escenarios con condiciones muy diferentes a las presentes en el contexto de la región. Por último, es necesario entender cómo la población de las ciudades de Latinoamérica se ve afectada por la existencia de múltiples centros de empleo en las urbes. Este trabajo pretende aportar a estas tres falencias al implementar varias técnicas de identificación de centros de empleo en el sector urbano del Distrito Metropolitano de Quito y evaluar la influencia de estos sobre la distribución espacial de la población de esta ciudad.

La sección dos analiza, a través mapas y técnicas estadísticas, la distribución espacial de la población en los años 2001 y 2010 para encontrar cambios importantes en los patrones de distribución. A través de análisis de correlación espacial y ajustes de superficies a través de métodos no paramétricos se encuentra una población que se dispersa desde el Central Business District de la ciudad hacia las zonas rurales conurbadas y los extremos de la ciudad. La sección tres realiza un análisis similar para la distribución espacial del empleo. El ajuste no paramétrico de superficies permite confirmar la existencia de un CBD que se extiende desde el Centro Histórico, hasta el distrito comercial y financiero cerca al parque la Carolina. Para encontrar picos menores de empleo se utiliza la transformación logarítmica de la densidad de empleo; sitios de importancia son identificados fuera del CBD. La sección cuatro implementa el método de identificación de centros de empleo usando varios escenarios de ajuste no paramétrico de superficies para encontrar el la especificación de parámetros de ajuste que mejor concuerden con la realidad de la ciudad. El método no paramétrico (McMillen (2001)) identifica 9 centros de empleo que se ajustan a la realidad; pero no provee una extensión de cada uno. Los resultados encontrados son consistentes con la realidad.

La sección cinco hace un análisis descriptivo de la localización de los centros de empleo y la distribución de la población. A través de indicadores de correlación espacial bivariada encuentra que los centros de empleo se sitúan en espacios donde la densidad de población tiende a ser alta. Sin embargo no provee de resultados concluyentes de la influencia de los centros de empleo sobre la población.

La sección seis implementa dos modelo de influencia de los centros de empleo sobre la población en la línea de Muñoz et al. (2008). Estos modelos se desprenden de la función inversa exponencial pero incorpora variables de distancia de las unidades territoriales a los centros de empleo identificados a través del método de McMillen (2001); encontrando el modelo 2 que la mayor parte de centros de empleo tienen una influencia importante sobre la

distribución de la población en el DMQ.

2 Patrones de distribución de la población en Quito

Esta sección intenta ilustrar a través de mapas y técnicas espaciales estadísticas las lógicas de comportamiento de la población en el DMQ, específicamente en un espacio urbano. En primer lugar se hará una descripción de los datos usados para el análisis y se hará el análisis de los mapas de densidad poblacional y su evolución. Por último se hará un análisis de clústers a través mapas de correlación estadística con el método de la I local de Moran.

2.1 La población en Quito: un análisis exploratorio espacial

Las fuentes de la que provienen los datos son los censos de Población y Vivienda 2001 y 2010. Se utiliza los mapas de la recolección de cada uno de estos. El área que es objeto de estudio está conformada por sectores seleccionados que corresponden a los sectores censales amanzanados correspondientes a 32 parroquias urbanas y 9 parroquias rurales⁴ escogidas por su nivel de conurbación y proximidad⁵. El tamaño mínimo por sector censal es de 0,32 hectáreas, el máximo es de 191,24 hectáreas, con un promedio de 6,24 hectáreas y un total de superficie de 30601,99 hectáreas; la densidad promedio en estos sectores es de 132,92 habitantes por hectárea. Para 2001 existe un total de 3386 sectores censales, con un tamaño mínimo de 0,54 ha, máximo de 174,7 ha, un área total de 27654,1 ha y un tamaño promedio de 8,17 ha; existe una densidad promedio por sector censal de 141,9 habitantes por ha.

La densidad poblacional se escoge para estudiar la población pues permite ilustrar una dotación de espacio por habitante y hace por tanto comparables a las distintas unidades geográficas. Es además, la habitual variable para el estudio de la población en trabajos previamente mencionados. Este análisis sin embargo resulta insuficiente para entender los cambios en la densidad espacial de la población en Quito en el tiempo. Las escalas en las que están agrupados los sectores censales por niveles de densidad en cada año serían disímiles; además el crecimiento y evolución propios de la ciudad en el tiempo plantea la dificultad de que Quito muestre dos densidades promedio y generales distintas en los dos años de análisis. Para resolver esto Millward (2008) propone utilizar lo que él denomina cocientes de localización, estos no son más que la representación de la densidad de cada sector censal como porcentaje de la densidad total para el área de estudio en la misma fecha. Este ejercicio se replicó para Quito y se obtuvieron los resultados expresados en el Figura 1. El panel (a) muestra los resultados 2001 y el panel (b) los de 2010.

⁴Calderón, Conocoto, Cumbayá, Llano Chico, Nayón, Pomasqui, San Antonio, Tumbaco y Zámiza

⁵Se escoge esta área de estudio pues es los análisis propuestos por la metodología suponen una superficie casi continua; además el concepto de centro de empleo es por sí mismo un concepto urbano.

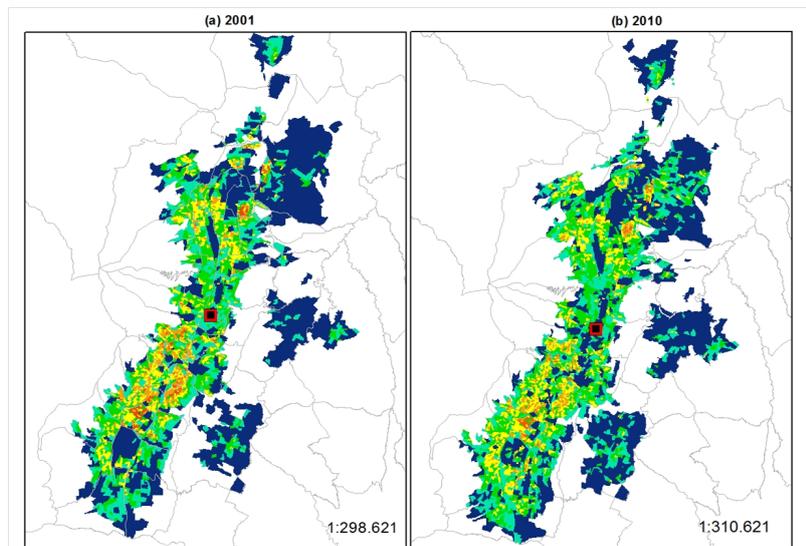


Figura 1: Densidad por sector censal como porcentaje de la densidad general para 2001 y 2010
Fuente: INEC (2001,2010). Censo de Población y Vivienda.

La densidad general en 2001 para el área de estudio alcanzó 58.1 habitantes hectárea y en 2010 alcanzó los 64.1 habitantes hectárea. Además ilustra un fenómeno de densificación general en un panorama de aumentos y disminuciones localizadas de la densidad.

Los resultados muestran varias peculiaridades, entre las más importantes se encuentra la característica de un Central Business District cuya densidad poblacional es muy inferior a la de las áreas que le rodean; podemos observar además una disminución de la densidad en los sectores censales correspondientes a este entre 2001 y 2010. Lo que da cuenta de un proceso de relocalización de la población de esta parte de la ciudad, posiblemente atribuible a los usos económicos que va teniendo el suelo en dicho sector de la ciudad.

Otra importante característica que se debe resaltar es la prominentemente superior densidad poblacional en la parte sur de la ciudad en el 2001, particularmente en la parroquia de Solanda. Esta parte de la ciudad muestra niveles de densidad en el rango más alto de la escala. Su evolución hacia 2010, sin embargo, muestra una leve disminución y se observa a la par una densificación importante hacia el extremo sur de la ciudad. Lo que da cuenta de un proceso de relocalización de la población en el espacio desde el Centro-Sur hacia el extremo.

En cuanto a las zonas en que se muestra aumentos en los cocientes de localización, el extremo norte de la ciudad muestra un crecimiento notable, en específico: Calderón, Carcelén, el Condado y Pusuquí. De igual forma el extremo sur muestra un aumento importante en su densidad relativa en la zona de Quitumbe y sus alrededores. Existe un crecimiento importante en la densidad relativa de áreas de los valles, ubicados al este de la ciudad, de Cumbayá, Tumbaco, Conocoto y Nayón muestra un alza en su densidad que da testimonio de un proceso acelerado de urbanización por parte de clases acomodadas hacia estas zonas.

2.2 Autocorrelación espacial y análisis LISA

El análisis de la densidad relativa a través de los cocientes de localización es una técnica que ilustran los patrones de distribución de la población. Justamente por ser descriptivos estos métodos utilizados carecen de un criterio que dé orientación sobre el nivel de aleatoriedad o, en su defecto, de un orden de los patrones de localización de la población; además sobre la significancia de estos patrones Millward (2008).

El análisis de la distribución espacial de una variable debe tener en cuenta la formación de patrones que a través de relaciones de proximidad entre lugares pueden influenciar de manera no aleatoria otras características del mismo lugar. Para entender esto se puede decir que las relaciones espaciales entre dos lugares pueden determinar características similares entre estos. Un ejemplo que se puede mencionar es la influencia que tiene la proximidad de dos espacios en la diseminación de enfermedades o patrones socio-culturales. Es decir si una ciudad X tiene una relación de proximidad mas fuerte con la ciudad Y que con la ciudad Z las características de X y Y deberían ser similares en un mayor grado que entre X y Z.

Siguiendo a Millward (2008), este trabajo selecciona el análisis de la I de Moran, tanto general como local. El método general permite obtener un índice cuyos valores toman un rango entre -1 y 1. Cuando el valor del índice es igual a 0 no existe autocorrelación espacial y la distribución espacial de la variable en cuestión es un fenómeno aleatorio; -1 y 1 representan los valores de perfecta correlación negativa y positiva respectivamente. Además este índice permite analizar el nivel de significancia del resultado.

Esta prueba, que se utilizará de manera transversal en este trabajo, se calcula como el ratio del producto de la variable de interés y su rezago espacial con el producto cruzado de la variable de interés y ajustado a través de pesos espaciales (Bivand et al. (2008)). Esta es una extensión espacial del coeficiente de correlación espacial de Pearson y se calcula como:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

Donde y_i es la observación i , \bar{y} es la media de la variable de interés y w_{ij} es el peso espacial que liga al i con j . Lo que este coeficiente de correlación asume es que el modelo ideal tiene una media constante y que cualquier patrón que sobre después del centrado debe ser un efecto de la relación espacial expresada en w_{ij} . Este coeficiente puede calcularse para dos variables sustituyendo el valor de otra variable rezagada espacialmente, esto da origen a la I de Moran bivariada.

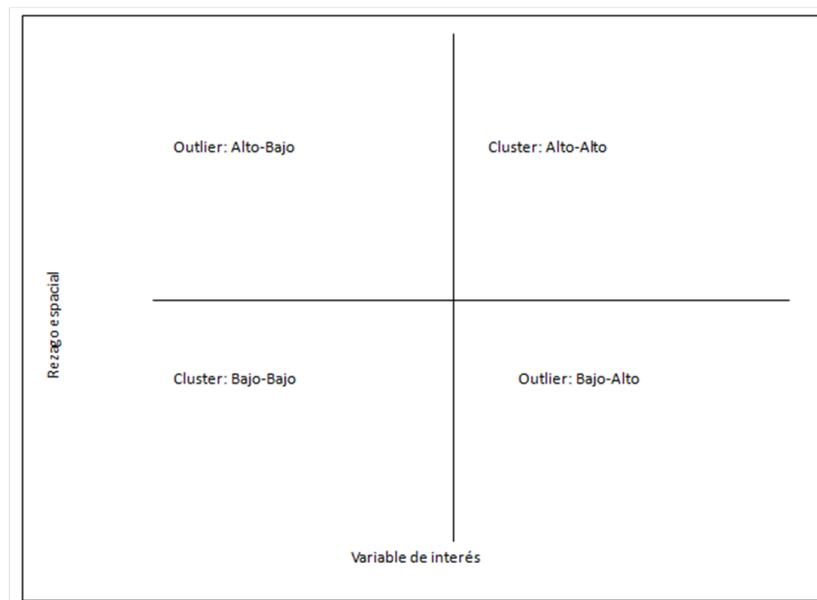


Figura 2: Gráfico de dispersión de Moran (Moran Scatterplot)

La utilización de índices globales sin embargo determina una pérdida en la identificación de patrones locales que son ignorados por este tipo de indicadores. Para solucionar este problema Anselin (1995) introduce los indicadores locales de asociación espacial o LISA por sus siglas en inglés. Los define como un indicador que da indicios sobre el grado de aglomeración espacial entre la observación y sus vecinos; además la suma de todos los LISA debe ser proporcional al indicador global. La fórmula de este indicador puede expresarse como sigue:

$$I_i = (y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^J w_{ij} (y_j - \bar{y}) \quad (2)$$

El análisis que se desprende de este indicador es la conformación de clusters con valores Altos y con valores Bajos. Además permite la identificación de outliers que muestran la asociación de valores disímiles en las distintas combinaciones que se pueden realizar. Esta clasificación se realiza alrededor del gráfico de dispersión de Moran o *Moran Scatterplot*, ilustrado en la Figura 2. Los valores se clasifican según en los cuadrantes en los que se ubique según la clasificación del análisis LISA. El valor del indicador global puede observarse en la pendiente de una regresión que se ajusta a los datos del gráfico de dispersión.

Los clusters son conjuntos, en este caso, de sectores censales que tienen valores estadísticamente similares, y que por su situación de proximidad presentan autocorrelación espacial positiva. Cuando en estos clusters, un sector censal que está por encima de la media está rodeado por sectores censales que están por encima de la media la categoría LISA para este

cluster es Alto-Alto; si, en el caso contrario el cluster tienen sectores censales que se encuentran por debajo de la media este será de la categoría LISA Bajo-Bajo.

En el caso de los outliers, estos son conjuntos de sectores censales que presentan valores estadísticamente disímiles y por tanto muestran autocorrelación negativa; si un sector, bien sobre la media, se encuentra rodeado por sectores que se encuentran bajo la media o viceversa las categorías LISA que les corresponden son Alto-Bajo y Bajo-Alto respectivamente. Este análisis también identifica aquellos sectores censales cuyas relaciones con los otros no son estadísticamente significativas. Para realizar este análisis se utilizó en este trabajo el software especializado en econometría espacial de software libre creado por Luc Anselin⁶ llamado Geoda⁷.

Para el cálculo de este índice se necesita la existencia de una matriz de pesos espaciales⁸ que permita establecer cómo se relacionan las unidades territoriales entre sí. Para esto se experimentó con varios tipos de matrices espaciales: de continuidad tipo, torre o reina; o con los inversos de la distancia de cada vecino dentro de un radio determinado. Los resultados que muestran una mayor consistencia son aquellos que utilizan el peso de distancia inversa. Millward (2008) utiliza dicha forma de construcción de matriz de pesos espaciales en un análisis similar al de este trabajo para 5 ciudades canadienses mostrando resultados consistentes. Se escoge el método de la distancia inversa con un radio de 2km de interrelación entre sectores, pues en experimentos con radios mayores se pierden particularidades entre los espacios.

El análisis de la I de Moran muestra la existencia de correlación espacial positiva, esto confirmando lo que los análisis descriptivos muestran sobre la conformación de clusters poblacionales. El valor del indicador es de 0.28 y 0.24 en 2001 y 2010 respectivamente; ambos tienen una pseudo-probabilidad, calculada con 999 permutaciones, menor al 1% de que la distribución espacial sea un fenómeno aleatorio. Se puede entonces intuir que existe de hecho formaciones de clusters estadísticamente significativos en la ciudad en ambos periodos. Una vez que se conoce esta evidencia se procede a realizar el cálculo del análisis local cuyos resultados se plasman en un mapa para cada periodo, esto se encuentran en la Figura 3.

⁶Para ver una muestra de las capacidades de este programa ver Anselin et al. (2006)

⁷Disponible gratuitamente en <https://geodacenter.asu.edu>

⁸Ver Anselin (1998)

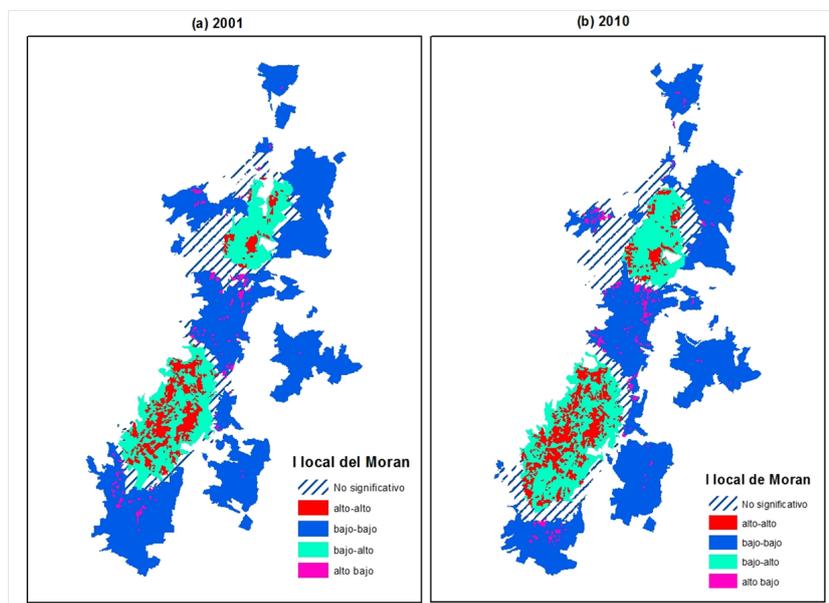


Figura 3: Análisis LISA de la densidad poblacional a nivel de sector censal en Quito, 2001-2010
Fuente: INEC (2001,2010). Censo de Población y Vivienda.

Como se ve en la Figura 3 la mayor parte del territorio del DMQ muestra la formación de clusters, tanto en 2001 como en 2010. Los clúster más abundantes son aquellos de categoría Bajo-Bajo en ambos periodos. Predominan en el centro de la ciudad y hacia los extremos norte, sur y este. Una particularidad relevante es observar que en el CBD de la ciudad existen efectos de asociación en ambos periodos, sin embargo, muestran comportamientos de la densidad por debajo de la media; este clúster, como es evidente, se agranda entre 2001 y 2010. Este hecho da testimonio de una disminución de la densidad en esta área, estadísticamente significativa. Podemos observar que el área del tipo Bajo-Bajo hacia el extremo sur de la ciudad se reduce en el tiempo y es reemplazado por sectores tipo Alto-Alto y Bajo-Alto; por otra parte al noroeste de la ciudad existe una reducción del tipo Bajo-Bajo que es reemplazado por sectores no significativos.

Los clúster tipo Alto-Alto se encuentran principalmente en la parte sur de la ciudad y se observa que la extensión sobre la que están distribuidos aumenta en el tiempo; también una dispersión de estos. En la parte norte de la ciudad existen lugares bien definidos para la conformación de estos clusters, específicamente en las zonas del Comité del Pueblo, Carapungo, Cotocollao y Carcelén. La evolución de estas cuatro localidades en el tiempo parece ser de un estable y leve crecimiento.

El resumen de las áreas por categoría LISA se presenta en la Tabla 1. Se observa que en efecto los sectores de tipo Bajo-Bajo representan 59,3% del área de estudio en 2001 y presentan una reducción hasta el 51,5% en 2010. Mientras, el área del tipo Alto-Alto muestra un crecimiento de representar el 6,9% en 2001 al 8,7% en 2010. Por otra parte, se observa

que los outliers que predominan son los del tipo Bajo-Alto con un 18,5 % y 20,5 % en 2001 y 2010 respectivamente; los del tipo Alto-Bajo representan solamente un 1,6 % y un 2,1 % en 2001 y 2010. La superficie de tipo no significativa aumenta de 14,1 % al 17,1 %; la superficie no significativa es la que corresponde a conjuntos de sectores censales que tienen densidades muy diversas entre si y por ende presentan un patrón aleatorio de distribución.

Tabla 1: Superficie de Quito por categoría LISA, 2001-2010

Categoría LISA	2001		2010	
	Área	%	Área	%
No significativo	3906	14,10 %	5234	17,10 %
Alto-Alto	1919	6,90 %	2677	8,70 %
Bajo-Bajo	16397	59,30 %	15764	51,50 %
Bajo-Alto	4985	18,00 %	6281	20,50 %
Alto-Bajo	431	1,60 %	646	2,10 %
Total	27638	100,00 %	30602	100,00 %

Fuente: INEC (2001,2010). Censo de Población y Vivienda.

Estos resultados muestran principalmente tres grandes rasgos: i) el incremento del área de tipo no significativa, específicamente sobre áreas antes de tipo Bajo-Bajo, dan señales de una posible densificación progresiva y desordenada de estas, dando como resultando patrones de distribución de la densidad aleatorios; ii) la dispersión de los clusters en la parte sur muestra un posible proceso de redistribución de la población en esa área de la ciudad o de una migración intensa ; iii) el centro financiero y de negocios de la ciudad, así como el centro-norte de la ciudad son zonas que parecen estar correlacionadas sin embargo muestran comportamientos de baja densidad.

2.3 La densidad poblacional en Quito

Para entender la distribución de la densidad de la población se utilizan varias técnicas. Una de ellas es a través de métodos paramétricos usando la función inversa exponencial introducida por Clark (1951) y catalogada como un buen método para mapear esta relación (McDonald (1989); Joseph and Wang (2010)). Ésta, sin embargo, supone la imposición de una forma funcional a la densidad de población con respecto a la distancia que le separa del CBD de la ciudad y no da cuenta de las particularidades de la densidad dentro de la ciudad sino que estima un gradiente de decaimiento de la densidad de población a medida que se aleja la unidad territorial del CBD. Otros autores amplían el análisis al uso de técnicas no paramétricas, para mapear la relación entre la distancia y la densidad de población. Este tipo de análisis ha sido utilizado por varios autores para describir por ejemplo: la forma de la densidad poblacional Anderson (1982); la delimitación de ciudades satélites (Muñiz et al. (2003)).

Un método de ajuste como los antes descritos está limitado a entender la distancia como una variable en un espacio de dos dimensiones, por lo que los resultados se limitan a explicar la densidad en función de la cercanía sin importar en qué dirección se encuentra la unidad espacial que se está analizando; en síntesis anulando los efectos de sesgo direccional o sectorial⁹. Por este motivo se flexibilizará aun más la relación densidad-distancia, con una estimación en tres dimensiones, que permita analizar los cambios de la densidad con respecto a la distancia, pero en dos ejes. Esto permitirá analizar cómo evoluciona la densidad cuando la distancia ya no tiene magnitud sino también dirección.

El método que se escoge específicamente para mapear esta relación es el llamado *Locally Weighted Regression*¹⁰ o más comúnmente conocido como LOESS. Este método estima una función de densidad utilizando regresiones localmente ponderadas para cada punto del dominio de los regresores^{11 12}. Para este trabajo se han utilizado varios span en función de observar cuales son aquellos que dan una mejor idea sobre el tema en cuestión: la densidad poblacional. El modelo que entonces se estimará será:

$$DEN_i = m(Dist_i) + \varepsilon \quad (3)$$

Para poder hacer la estimación en tres dimensiones se ha realizado una descomposición de la distancia en sus componentes rectangulares. En vez de realizar el cálculo de la distancia entre dos puntos como una línea recta, ahora se entiende a la distancia entre dos puntos como la distancia norte-sur y la distancia este-oeste:

$$DEN_i = m(N_i, E_i) + \varepsilon \quad (4)$$

Donde N_i y E_i son las distancias entre cada centroide de la cartografía censal con respecto al CBD. Lo que esto permitirá es realizar el estimado ya no de una curva sino de una superficie en el espacio. Para realizar este ajuste se utilizó el mismo método de regresión localmente ponderada que en la sección anterior; los resultados se expone en la Figura 4. La estimación se corrió con un span de 0.1 para guardar comparabilidad entre los datos de las curvas ajustadas y los de las superficies.

El resultado que se obtiene es un gráfico en tres dimensiones. La Figura 4 muestra la superficie, en los ejes de la caja se encuentran los valores de la distancias norte, este y la

⁹El sesgo direccional hace referencia a que una medición de distancia entre dos puntos debe tomar en cuenta la dirección en que esa distancia se mide. Esto pues en una ciudad o territorio real los fenómenos no suceden de manera homogénea en el espacio en todas direcciones.

¹⁰Para más detalles sobre el método de ajuste LOESS, véase Cleveland and Devlin (1988).

¹¹El kernel utilizado en este trabajo es el tricúbico y se puede expresar como: $K_i = \left(1 - \left(\frac{d_i}{d_{max}}\right)^3\right)^3 \text{iff } I(d_i < d_{max})$ donde d_i es la distancia del punto a ser estimado con respecto al punto i , d_{max} es la distancia máxima determinada por la ventana escogida y $I()$ es una función binaria que es igual a 1 cuando al condición se cumple o igual a cero si no.

¹²Los ensayos que se realizaron consideraron tres valores para el span: 0,1; 0,25; y 0,5. Tras el ejercicio se encontró que el span más apropiado para usarse es el de 10%.

densidad estimada a través del método no paramétrico de ajuste. Cada punto rojo representa el valor de la densidad para un sector censal de 2001; mientras la superficie celeste representa la superficie estimada para 2010. Esta forma de representar resultó ser la más comprensible de todas las ensayadas. Como se observa los puntos rojos replican la forma del mapa de Quito.

La Figura 4 es la vista lateral de la superficie desde el este. Lo que muestra es el fenómeno ilustrado por la sección anterior pero en el espacio. Lo primero que es notorio es el cráter de densidad que se forma en el centro de la ciudad; a partir de este comienza una tendencia de crecimiento hacia las direcciones norte y sur donde son visibles varios picos de densidad. Esta estructura parece estable durante el periodo pues los cambios en la forma de la superficie entre 2001 y 2010¹³ no presenta picos de densidad que aparezca de manera inesperada; si existe un cambio importante en la forma de la curva que concierne a un pico que se encuentra hacia el sur de la superficie y que parece desaparecer casi por completo en la superficie de 2010.

El fenómeno de densificación de las zonas más periféricas de la zona de estudio es evidente que en los extremos de la ciudad los puntos rojos de la superficie de 2001 se encuentran por debajo de la superficie de 2010. De igual forma las zonas de Tumbaco, Cumbayá y Conocoto muestran niveles estimados superiores en la actualidad. Los picos de densidad identificados hacia el sur son los sectores de la Villaflora y Solanda, que presentan bajas en sus densidades mientras el extremo sur correspondiente a las zonas de crecimiento urbano más reciente, relativamente, muestran crecimientos importantes. De igual manera hacia el norte de la ciudad el pico de densidad más importante parece bifurcarse formando dos picos distintos, lo que hace presumir que la reducción de la densidad es localizada a diferencia del sector sur.

¹³Es necesario aclarar que ambas predicciones son modelos que se corren de manera independiente. Que las formas de las superficies sean similares en el tiempo no es más que evidencia de que el método de ajuste es coherente y que produce resultados estables y comparables entre los periodos.

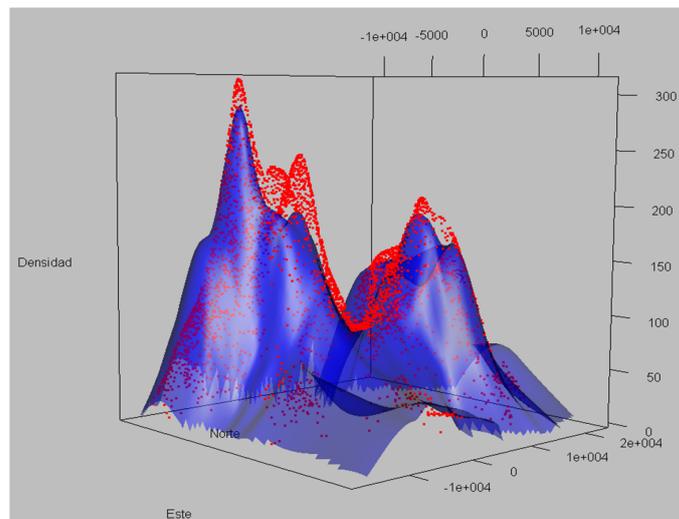


Figura 4: Vista de la superficie ajustada de la densidad poblacional, vista desde el este
Fuente: INEC (2001,2010). Censo de población y vivienda

El uso de métodos no paramétricos de ajuste permitió entender básicamente tres cosas:

- i** la existencia de un cráter de densidad en el centro de la ciudad, es decir una densidad relativamente muy baja en el CBD, que se profundiza y expande su frontera en el tiempo debido a un probable desplazamiento del uso del suelo habitacional por uno económico;
- ii** la existencia de picos de densidad, máximos locales de densidad en la superficie observada, apostados alrededor del cráter, antes mencionado, que tienen la cualidad de mostrar una tendencia a la disminución de su densidad poblacional en el tiempo;
- iii** un aumento de la densidad para las localidades que están más allá de los picos antes mencionados, es decir un crecimiento de la densidad de las zonas rurales conurbadas y los extremos de la ciudad que ilustran un fenómeno de dispersión de la población desde los picos de densidad antes mencionados hasta éstas zonas

Estas cualidades conjuntamente con las mencionadas en los párrafos anteriores permiten describir al patrón de distribución de la población de Quito como uno que se asemeja en gran medida al que estudios empíricos han logrado identificar para ciudades estadounidenses¹⁴. Es decir un centro de la ciudad que pierde a sus habitantes para dar paso a un uso económico; que además mira un fenómeno de dispersión de su población al observarse procesos de crecimiento de zonas no tradicionalmente pobladas.

¹⁴El patrón típico de ciudad estadounidense muestra “un gradiente decreciente en general, la aparición de un cráter central de densidad, un desplazamiento hacia fuera del borde del cráter, una disminución en la densidad de picos, y un menor grado de ajuste (es decir, una mayor variabilidad) alrededor del gradiente de tendencia”. (Millward (2008))

3 Empleo

Esta sección divide el trabajo en tres secciones. La primera comprende un ejercicio de mapeo de la variable de densidad de empleo. La segunda es el uso de técnicas de análisis de correlación espacial para dar cuenta de la formación de sitios “calientes” de empleo. La tercera estima una función de densidad de empleo usando un análisis no paramétrico, similar al de la sección anterior.

3.1 Un análisis exploratorio de la densidad de empleo

El análisis que se realiza en esta sección se encuentra en base a los datos del Censo Nacional Económico 2010. El censo económico anterior a este fue realizado en 1984. La información correspondiente a este censo, tanto la cartografía como la base de datos, no se encuentran digitalizados por lo que no existe la posibilidad de realizar un análisis intertemporal. Esto no representa sin embargo un obstáculo para los fines de esta investigación.

La desagregación de los datos es a sector censal, la cartografía es la misma utilizada para el análisis del censo de población y vivienda; se utilizará la misma área de estudio definida en la sección 1. El número de sectores censales que presentan registros de empleo en el área de estudio son 4520. Estos aglomeran 530495 empleos; la densidad de empleo promedio por hectárea es de 23,21 y su valor máximo es de 2138. Esta evidencia permite concluir que la distribución de la densidad de empleo tiene un severo sesgo hacia la derecha, es decir, la distribución muestra un número importante de sectores en los niveles más bajos de densidad. Esta peculiaridad obliga a preguntar si este fenómeno podría llevar a las técnicas de análisis propuestas a ignorar los pequeños detalles de la distribución espacial de la densidad por la naturaleza de esta distribución. La existencia de una macrocentralidad cuyo tamaño es superlativamente superior hace que por motivos de escala los comportamientos de otros lugares del territorio no sean fácilmente visibles. Estas pequeñas particularidades son las que dan evidencia sobre los procesos de localización del empleo en los territorios fuera del CBD. Por esto es necesario utilizar un artificio para poder visualizar de mejor manera las pequeñas particularidades; se transformará a la variable a logaritmo para que su distribución se asemeje más a la normal y esto permita visualizar de mejor manera la información en el espacio. El análisis se realizará sobre la densidad de empleo y sobre el logaritmo de la densidad de empleo.

El mapa de la izquierda, en el panel (a), se tendrá siempre el mapa que contenga la información de la densidad de empleo; mientras el mapa de la derecha, en el panel (b), contendrá la información correspondiente al logaritmo de la densidad de empleo. La Figura 5 muestra el mapa de la densidad de empleo en el área de estudio, el Quito urbano; se utiliza los cocientes de localización para entender la distribución de la información en una escala que guarda relación con su propia distribución. El cociente de localización da cuenta de la relación entre la densidad registrada en la unidad territorial y la densidad de empleo de

toda el área de estudio; que es de 17,33 empleados por hectárea; expresada como porcentaje. Como se puede observar cuando no se aplica la transformación a la variable el mapa de densidad muestra una estructura ciertamente hipercéntrica que concentra en el CBD y en sus alrededores todos los sectores con valores importantes de densidad. A pesar de esto existen pequeñas alzas en la densidad de empleo hacia los extremos de la ciudad y las zonas rurales conurbadas que podrían dar cuenta de un proceso de policentralización de la ciudad desde una perspectiva económica.

Esta hiper centralidad se presenta en una zona de la ciudad donde existen tres lugares de importancia económica, que en otros estudios ha sido catalogada como la *macrocentralidad* de la ciudad Vallejo (2008). Estos lugares son: i) la zona circundante al parque La Carolina, consolidada como el centro financiero de la ciudad; ii) la Mariscal, que históricamente consolidado como un centro de empleo importante en la ciudad desde los 60 Vallejo (2008), cualidad que al parecer no ha perdido; iii) el Centro Histórico, que por su cualidad de concentrar las actividades administrativas dentro de sí ha visto proliferar a su alrededor una economía de comercio y servicios.

Se debe mencionar también la relativa menor importancia que se observa en las áreas rurales conurbadas, tales como Calderón, Tumbaco y Cumbayá, que muestran patrones de densidad de empleo que permiten advertir la posible presencia, dentro de ellos, de dinámicas económicas propias con una influencia local y tal vez incluso global sobre la ciudad. En otras palabras, en cada una de estas localidades se pueden advertir comportamientos de atracción de empleo que pueden tener una influencia sobre el área que les rodea o incluso influir sobre toda la distribución del empleo de la ciudad. Es decir, que existen puntos en el espacio, fuera de la macrocentralidad, que parecen tener cierta influencia sobre la concentración geográfica del empleo, al menos, sobre el área circundante. Esto da cuenta de la posible conformación de centros de empleo.

Una peculiaridad interesante es la que se observa en la formación de los patrones de densidad de empleo fuera del CBD. Estos se encuentran localizados a lo largo de la extensión de ejes viales. Hacia el norte se pueden apreciar las formaciones sobre la Avenida La Prensa al oeste; sobre la avenida Galo Plaza Lasso al centro; y sobre la avenida Eloy Alfaro hacia el extremo este; hacia el sur sobre dos ejes viales, la Avenida Pedro Maldonado y con menor intensidad sobre la avenida Mariscal Sucre.

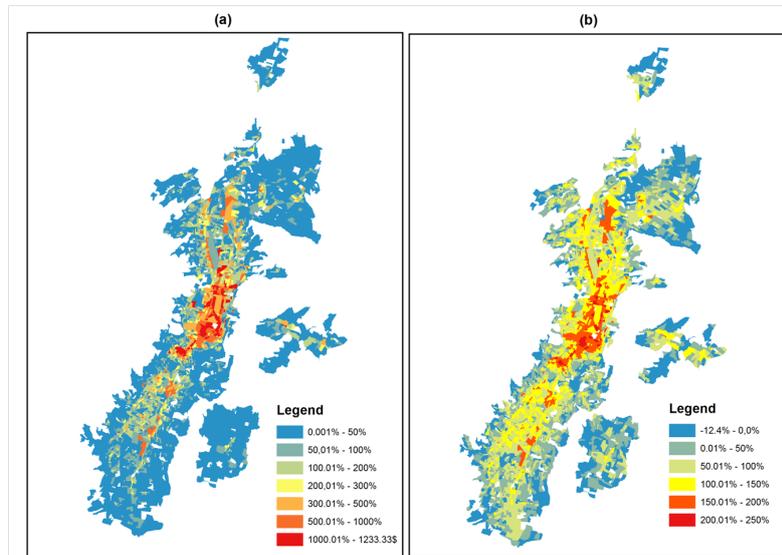


Figura 5: Mapa de cocientes de localización de la densidad de empleo y su logaritmo
Fuente: INEC (2010). Censo Nacional Económico.

El panel (b) permite rescatar las particularidades de las densidades en las zonas rurales conurbadas. En el panel (a) la importancia de estas zonas es relativamente baja por lo que se invisibiliza los cambios en las densidades dentro de ellas. Cumbayá y Tumbaco parecen revelar ciertos patrones de distribución que invitan a pensar en la posibilidad de encontrar centros de empleo en estas localidades; esto sucede también en Calderón y Llano Chico.

3.2 Análisis LISA de autocorrelación espacial de la densidad de empleo.

El análisis de clusters y outliers se usa para validar, en un sentido estadístico, las particularidades identificadas a través del análisis previos. Como ya se mencionó, este análisis intenta graficar los lugares donde los patrones de distribución muestren valores similares de tal manera que puedan clasificarse dentro de una de sus 4 categorías. El nivel de confianza de los resultados es del 95 % y las pseudo probabilidades fueron calculadas con un proceso de 999 permutaciones.

En este caso en particular los valores de la I global de Moran son de 0,17 para el análisis de la densidad de empleo y 0,30 para el caso del logaritmo de la densidad de empleo. Ambos resultados muestran un nivel de significancia mayor al 99 %. Esto da cuenta de la existencia de patrones de distribución no aleatorios, lo que hace presumir la existencia de clusters. Como se observa el estadístico es mayor para el caso del logaritmo de la densidad de empleo, es decir existe un proceso de autocorrelación espacial más acentuado, por lo que se asume que esta identificará más sectores dentro de la categoría de clusters.

La Figura 6 muestra en el panel (a) el análisis de clusters para la densidad de empleo y el panel (b) para el logaritmo de la densidad. Se puede ver que el resultado para la densidad de empleo genera un segmento de clusters tipo alto-alto en el CBD. Hacia los extremos de la ciudad se hallan clusters de tipo bajo-bajo, de igual manera sucede en las áreas, antes rurales o conurbadas. Este resultado era de esperarse por todo lo antes visto. Esta identificación de clúster sin embargo se encuentra influenciada por la distribución de la densidad de empleo.

La alternativa de utilizar el logaritmo de la densidad resulta de mucha utilidad en este caso. Los resultados de este escenario muestran que de hecho existen hacia el norte y el sur del CBD un número importante de sectores censales clasificados en la tipología alto-alto. La reducción de superficie categorizada como no significativa es importante. Además la aparición de clusters tipo alto-bajo en las zonas rurales conurbadas dan testimonio de procesos de aglomeración leve del empleo a nivel local. Volviendo a la situación de la parte interna de la ciudad, lo que se observa es una superficie cuasi continua cubierta por este tipo de sectores censales; se distingue una leve separación entre el CBD y la parte sur de la ciudad. Esta evidencia soporta, ya con validez estadística, las primeras suposiciones sobre la existencia de picos de densidad a lo largo de la ciudad; que pueden ser considerados como centros de empleo, salvando la enorme diferencia de tamaño entre estos y la macrocentralidad.

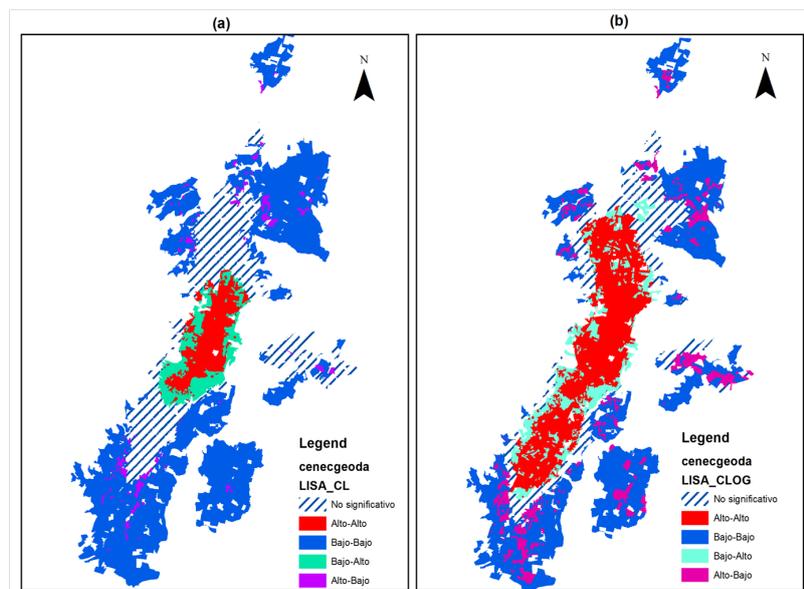


Figura 6: Análisis LISA de la densidad de empleo y la transformación logarítmica de la densidad del empleo
Fuente: INEC (2010). Censo Nacional Económico.

3.3 Una estimación de densidad de empleo

Al igual que en la sección anterior se realiza la estimación de la densidad en tres dimensiones, teniendo en cuenta la posición exacta de cada sector censal, al igual que se realizó para la

densidad poblacional. Esto permite visualizar una superficie estimada de la densidad de empleo en Quito. De igual manera el análisis se realiza tanto para la densidad de empleo como para su logaritmo con el fin de mantener la tónica de la importancia de la escala en la comprensión de esta variable en particular; los regresores en ambos casos fueron la distancia en sentido norte-sur y la distancia en sentido este-oeste.

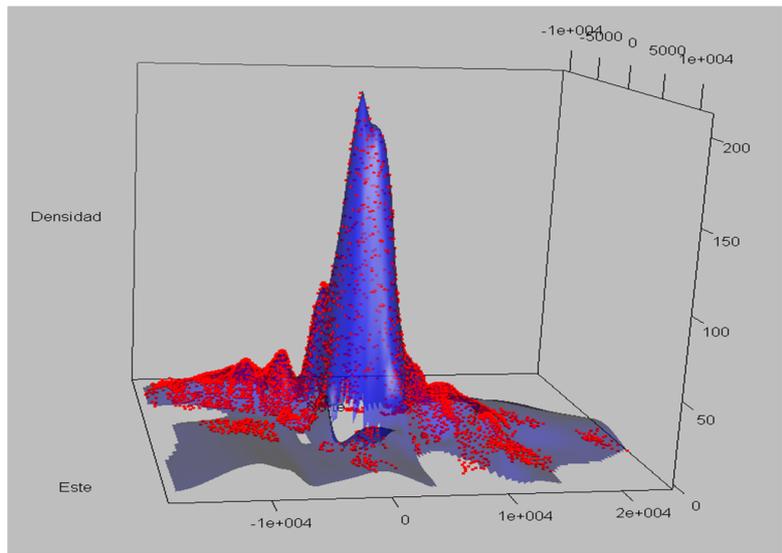


Figura 7: Curvas ajustadas por loess del logaritmo de la densidad de empleo, varios span
Fuente: INEC (2010). Censo Nacional Económico.

Los resultados del análisis de la densidad de empleo se encuentran en la Figura 7, esta muestra la vista desde el nor-este de la densidad estimada para la ciudad con un span de 0,05. Se puede observar la existencia de una concentración de la densidad de empleo desproporcionada con respecto al resto de la ciudad en el área que se conoce como hiper centro. Este pico de densidad era el que dificultaba observar ciertas peculiaridades que ahora son notables y que se encuentran distribuidas a lo largo de la ciudad. Se logran distinguir al menos 6 picos en toda la superficie de la ciudad que presentan serios indicios sobre la existencia de centros de empleo en la ciudad, que puedan tener influencia local o general. Se divisa un pequeño pico dentro de la figura del pico más grande, este correspondería al Centro Histórico que a pesar de manifestarse, apenas, por fuera de la superficie no logra salir del área de influencia de este. Las conjeturas que se desprenden de la Figura 7 se reafirman cuando se hace el análisis con el logaritmo de la densidad de empleo; los resultados se encuentran en la Figura 8. La evidencia es más contundente en este caso los picos de empleo se distinguen con mayor facilidad y replican las posiciones de estos con respecto a la Figura 7.

Los picos más notables son seis y corresponden a las localidades de Tumbaco, Cum-bayá y Calderón en cuanto tiene que ver con las zonas rurales conurbadas, Conocoto no es distinguible; La Villaflora y Solanda en el sur de la ciudad; por ultimo al norte se encuentra

Cotocollao, existen otras alzas locales, pero que visualmente no se pueden calificar como máximos. Lo que estos sitios muestran potencial para ser considerados como centros de empleo. Lo que determina que se les califique de esta manera es la forma como estos determinan una lógica de distribución alrededor de ellos que se asemeja a los patrones de distribución visualizados en la primera sección a través de los análisis exploratorios.

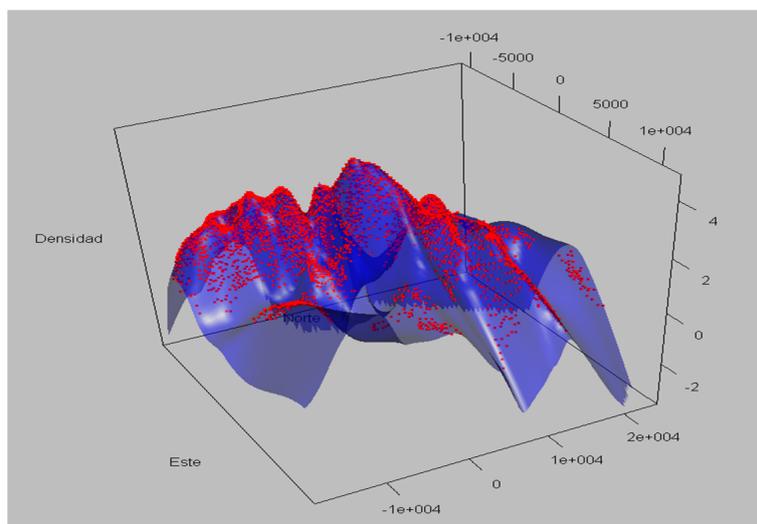


Figura 8: Curvas ajustadas por loess del logaritmo de la densidad de empleo, varios span
Fuente: INEC (2010). Censo Nacional Económico.

4 Identificación de Centros de empleo

Esta sección hará un análisis de identificación de los centros de empleo utilizando el método no paramétrico de McMillen (2001) que se ha explicado en la sección de fundamentos metodológicos y que ya ha sido aplicada para el DMQ (Mancheno and Rojas (2013)). (Mancheno y Rojas 2013). Es importante entender en qué medida se manifiesta la policentralidad en el DMQ. Un centro de empleo puede ser bien un viejo CBD que ha sido reemplazado; podría ser un pueblo aledaño a una ciudad que por características de conurbación y desarrollo económico ha adquirido esta cualidad, otros pueden ser territorios dentro de la ciudad que previamente no estaban conectados a la dinámica económica por motivos de transporte y que el desarrollo tecnológico ha logrado dinamizar. La definición de un centro de empleo puede variar según el enfoque y los fines del autor¹⁵; casi todas concuerdan en que un centro de empleo es un área cuyo empleo o densidad de empleo es relativamente distinta, mayor, con respecto a la de la ciudad o su vecindad. En lo que difieren es la forma como identificar

¹⁵Ver McDonald (1989), Cervero (1989), McMillen (2001), McMillen (2003), Redfearn (2007)Giuliano and Small (1991), entre otros.

esta área y como saber si esta alza en la densidad es significativa para la densidad de toda la ciudad.

La identificación de centros de empleo en Quito ya se ha realizado (Mancheno and Rojas (2013)) a través de una metodología no paramétrica (McMillen (2001)). Esta identificación determina la existencia de 8 lugares como centros de empleo en Quito; sin embargo, no agota todas las versiones del modelo de identificación, que la variación de ciertos parámetros permitiría. Se aplica la metodología no paramétrica (McMillen (2001)) utilizando varios escenarios para dar cuenta de la sensibilidad de los resultados obtenidos. Se realizará un ejercicio de prueba error con varios parámetros para probar la consistencia de los datos con la realidad. Tras este ejercicio se escogerán los sitios para subcentros que muestren la mayor solidez tanto de manera metodológica como de consistencia con el conocimiento de la ciudad.

4.1 Identificación a través del método no paramétrico de McMillen

Este presenta la ventaja de tener una forma flexible de identificar los centros de empleo a través de métodos no paramétricos sin tener que contar con un stock enorme de conocimiento específico sobre el territorio a ser analizado y con un nivel menor de arbitrariedad que los otros métodos. Se utiliza un procedimiento de dos fases para poder identificar los subcentros de empleo. En la primera parte se estima una superficie del logaritmo de la densidad bruta¹⁶ de empleo como una suerte de vitrina para mostrar los lugares candidatos a centros de empleo. La estimación se hace a través de un método no paramétrico de ajuste de superficies, que se utilizará en otros puntos de este trabajo, denominado regresión localmente ponderada¹⁷. Esta regresión estima una densidad de empleo para cada uno de los centroides de las unidades territoriales. Para realizar esta estimación es necesario especificar la forma como se ponderan los casos en el momento del ejecutar el procedimiento. En este trabajo se utiliza un *kernel tricubico*¹⁸ similar al utilizado por McMillen (2001) que pondera las observaciones haciendo que las que estén más próximas del punto a ser estimado se les confiera una ponderación más alta.

Un factor que es definitorio en este tipo de métodos de ajuste de superficies es el tamaño de la ventana o span que se escoge para la estimación. Este valor representa el porcentaje de

¹⁶Se utiliza la densidad bruta de empleo pues como se expone en McDonald (1989): $E/L = (E/L_e)/(L_e/L)$ donde E es el empleo total en un sector, L es el total de la extensión del sector, L_e es la extensión dedicada exclusivamente a esta actividad dentro del sector. Si el valor de L_e es bajo puede llevar a alzas en el E/L_e (Densidad Neta) que, sin embargo, podrían no tener efecto sobre las zonas circundantes. Desde esta perspectiva, la densidad neta de empleo permite evitar esa posibilidad.

¹⁷Para más detalles sobre la Locally Weighted Regression (LOESS), Cleveland and Devlin (1988)

¹⁸Un kernel tricubico se representa así: $K_i = \left(1 - \left(\frac{d_i}{d_{max}}\right)^3\right)^3$ *iff* $I(d_i < d_{max})$ donde d_i es la distancia del punto a ser estimado con respecto al punto i , d_{max} es la distancia máxima determinada por la ventana escogida y $I()$ es una función binaria que es igual a 1 cuando la condición se cumple o igual a cero si no.

casos que se utilizan el momento de la ponderación con respecto al total de observaciones. Este parámetro es definitorio pues de este depende el nivel de suavizado y el tamaño del error de ajuste que la superficie. Los casos que se encuentren fuera de esta ventana recibirán una ponderación igual a cero. A continuación se seleccionan aquellas unidades territoriales que tienen residuos significativamente positivos al 5% de confianza, es decir que $(y_i - \hat{y})/\sigma > 1,96$ y se identifican los máximos locales de la superficie predicha en un radio o distancia determinada por el investigador para encontrar a los candidatos a centros de empleo, cuya ubicación será posteriormente examinada para determinar si en efecto son centros de empleo. Para realizar la estimación no paramétrica se utilizan como variable dependiente el logaritmo de la densidad del empleo o población; como regresores las distancias de los puntos en el eje este-oeste y en el eje norte-sur con respecto a lo que se denomina como el CBD o hipercentro, de tal manera que se obtiene un modelo del tipo¹⁹.

Una vez que se ha realizado el proceso de selección de candidatos, en la segunda fase se procede a realizar una regresión semiparamétrica para determinar si la localización de los candidatos identificados tiene alguna influencia sobre el total de la densidad de empleo. Se emplea un modelo de la forma:

$$\ln(Demp_i) = g(dcbd_i) + \sum_{j=1}^s (\delta_{1j} decent_{ij}^{-1} + \delta_{2j} decent_{ij}) + \varepsilon_i \quad (5)$$

Donde $dcbd$ es la distancia de la observación i hasta el CBD y $dcent_{ij}$ es la distancia entre cada observación con respecto al candidato a subcentro j ; y ε_i es el término de errores-tocástico. Como se ve la relación entre la distancia entre la distancia al CBD y la densidad de empleo es una función a ser determinada por un método no paramétrico. El término no paramétrico es estimado a través del uso de una expansión de Fourier. Para poder hacer esto primero se debe transformar la variable $dcent$ de tal manera que se encuentre en un rango entre 0 y 2π . La expansión de Fourier entonces sería:

$$g(dcbd_i) \approx \lambda_0 + \lambda_1 z_i + \lambda_2 z_i^2 + \sum_{q=1}^Q (\gamma_q \cos(qz_i) + \delta_q \sin(qz_i)) \quad (6)$$

La variable z denota la variable $dcbd$ transformada para estar dentro del rango ya especificado. El q que se escoge es aquel que minimiza un criterio estándar de información. McMillen (2001) usa originalmente el criterio de información de Schwartz (SIC), en este trabajo al igual que en Mancheno and Rojas (2013) se utiliza el *criterio de información de Akaike* (AIC). Esto pues el criterio de Akaike presenta características de mejor desempeño práctico en la selección de modelos²⁰. Esto pues el criterio de Akaike presenta características

¹⁹Esta técnica también se utiliza dentro de la estimación de una función de densidad poblacional

²⁰Donde $AIC = \log(\sigma^2) + 2m/n$, teniendo en cuenta que además $m = 3 + 2Q$.

de mejor desempeño práctico en la selección de modelos²¹.

En el modelo se incluye D_{ij}^{-1} y $-D_{ij}$, para que los estimadores lineales en la regresión semiparamétrica tengan una relación positiva con el logaritmo de la densidad si ejercen alguna influencia sobre la densidad de empleo. A continuación se corre el modelo utilizando un proceso de regresión de selección inversa en que se incluyen todas las variables de distancia antes mencionadas para todos los candidatos en el modelo y se elimina aquella cuyo valor t sea el más bajo de todos y se vuelve a correr el modelo. Así hasta que todos los estimadores sean significativos al 10 %²² ²³. En todos los pasos se forza a los términos de la expansión y al intercepto a permanecer en el modelo. Es así que son subcentros aquellos candidatos que tengan variables de distancia con efectos significativamente positivos en el logaritmo de la densidad del empleo al final del proceso de regresión de selección inversa.

El span utilizado para el ajuste es de 0,05; esto a pesar de que el trabajo original de McMillen (2001) establece un span de 0,5. La decisión de usar un span tan pequeño se toma, en primer lugar, debido a la evidente diferencia que se reflejó, tanto en el análisis exploratorio como en la función estimada, de la macrocentralidad y del resto de la ciudad; en segundo lugar debido a que un span tan grande como 0,5 puede hacer que no se capturen las particularidades de las localidades más pequeñas (Redfearn (2007)). Tras la detección de los lugares con residuos significativos se realiza una identificación de candidatos, estos son máximos locales dentro de un radio de 2.000 metros. Tras esto se procede a la segunda fase del método que es una evaluación de los efectos de cada uno de estos centros de empleo sobre la densidad de empleo para confirmar que estos candidatos son en efecto centros de empleo.

Los resultados obtenidos en trabajos previos con esta metodología muestran resultados consistentes al usar este span; sin embargo el ejercicio de identificación de candidatos se realizó usando distintos span. Específicamente a las distancias de dos kilómetros; además los span utilizados son de 0.05, 0.15, 0,25 y 0.5. Los resultados muestran que niveles de span muy grandes la técnica no logra detectar todas las localidades que el conocimiento general de la ciudad indicaría como centros de empleo. Pero más allá de eso además es evidente por el análisis exploratorio que el número de subcentros y sus localizaciones son más consistentes con el span más pequeño de 0.05. El cambio de distancia solo cambia el número de candidatos mas no la localización de los que ya han sido detectados; esto se puede apreciar en el Figura 9. En el panel (a) se pueden ver los candidatos obtenidos con un span de 5 % de las observaciones con distancias de 1.000 y 2.000 metros; en el panel (b) los obtenidos con un span de 25 % de las observaciones con distancias de 1.000 y 2.000 metros. Es evidente que el span es lo que determina la localización de los candidatos y en cierta medida el número. La distancia

²¹Para ver las ventajas del AIC sobre el SIC (o BIC), véase Burnham and Anderson (2002); Burnham and Anderson (2004).

²²La metodología original McMillen (2001) considera un nivel del 20 % de confianza sin embargo por la reducción del span antes explicada, se utiliza un filtro más riguroso en la significancia de la relación entre las variables dependientes y los regresores.

²³La variable que se borra puede ser significativa si su coeficiente es negativo.

por otra parte solo hace variar el número de ellos, más no su localización. Como se observa el procedimiento con un span más grande representa pérdida de precisión en la localización además de ignorar, o simplificar particularidades locales. Por esto se escoge un span del 5 % de las observaciones que es conveniente para los fines de esta investigación y consistente con el análisis exploratorio.

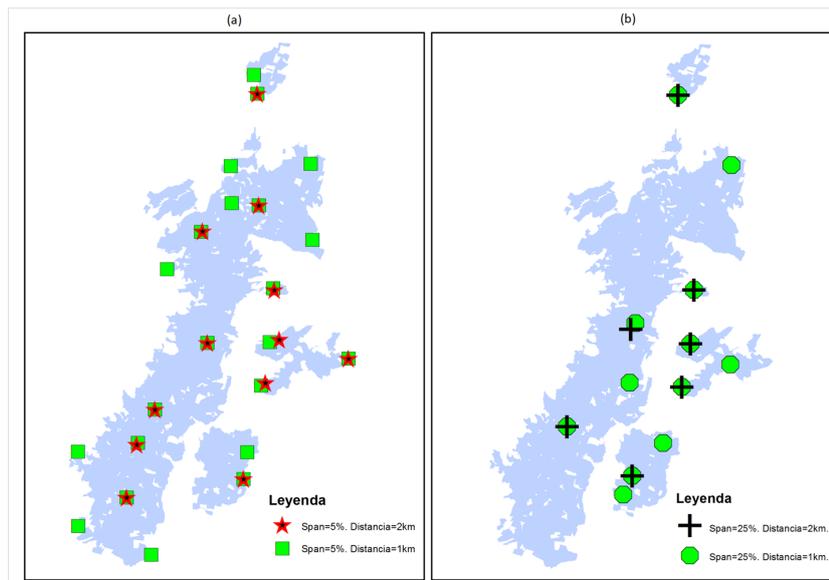


Figura 9: Candidatos a centros de empleo varias distancias y span
Fuente: INEC (2010). Censo Nacional Económico.

El procedimiento en la segunda parte del método se aplicó solo para los candidatos obtenidos con el span de 0.05; tanto para las distancias de 1.000 y 2.000 metros. Lo que se hace es utilizar un proceso de regresión *stepwise*, es decir que descarta variables del modelo original de manera que se corre el modelo cada vez que una variable es descartada en función de un criterio de significancia. El modelo de regresión utilizado, como ya se mencionó en los fundamentos metodológicos, es de tipo semiparamétrico utilizando una expansión de Fourier para poder representar la relación entre la distancia al CBD y la densidad del empleo; usa la parte paramétrica para estimar la relación entre la densidad y la distancia a cada uno de los candidatos a centro de empleo identificados en la primera parte. Este proceso permite identificar aquellas localidades que además de tener una densidad de empleo alta, en términos estadísticamente significativos, ejercen también influencia en la densidad de empleo bien de toda el área de estudio o bien del área próxima a este.

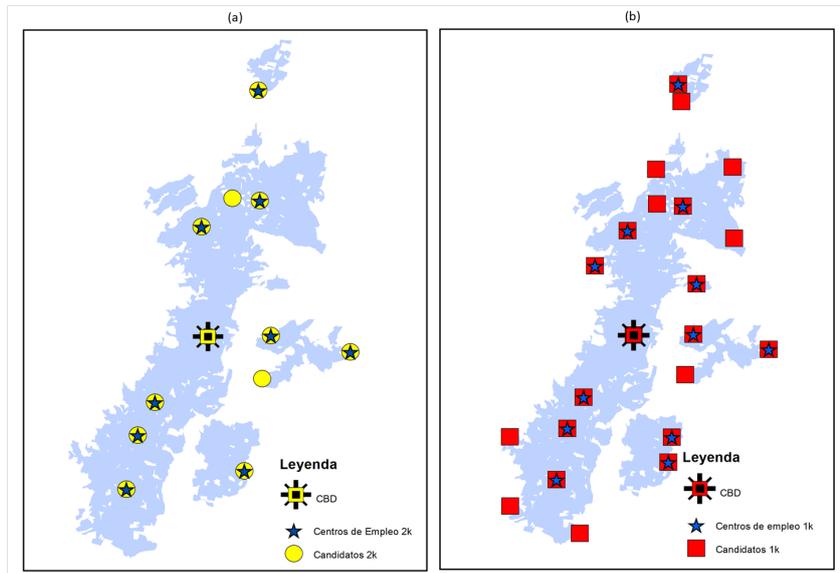


Figura 10: Candidatos y centros de empleo varias distancias y span
Fuente: INEC (2010). Censo Nacional Económico.

Una de las particularidades de los resultados que cabe mencionar son los lugares comunes entre los dos escenarios. En otras palabras, los mismos centros que son identificados con el escenario de distancia de 2km son identificados a su vez en el escenario de distancia de 1km, lo que varía entre los dos es que el segundo escenario identifica otros sitios a parte de los del primer escenario. Esto se ilustra en la Figura 10, que tiene en el panel (a) los candidatos y los centros del escenario con span igual a 0.05 y distancia igual a 2km; en el panel (b) se registran los candidatos y centros identificados en el escenario con span igual al 0.05 y distancia igual a 1km.

El resultado del primer escenario identifica nueve centros de empleo distribuidos a lo largo del área de estudio. En el sur de la ciudad identifica tres centros de empleo en las zonas: Villaflores, Solanda y Quitumbe. En el norte se identifican tres localidades de cuatro posibles en las zonas de: Cotocollao, San Antonio y Carapungo; mientras el candidato de la zona industrial norte es descartado. En las zonas de los valles podemos identificar, de igual manera, tres centros de empleo de cuatro posibles localizaciones: Cumbayá, Tumbaco y Conocoto; por otra parte el candidato de la zona sur de Cumbayá se descarta.

En el segundo escenario el resultado no varía demasiado, los centros de empleo identificados por el primer escenario también son identificados por el segundo. El problema que surge con este escenario es el hallazgo de centros que resultan inconsistentes. Es el caso de un subcentro que se encuentra sobre el borde noroeste de la superficie, donde la ciudad comienza a escalar por las estribaciones del Pichincha. De igual manera sucede con la identificación de un centro en el área de Nayón. Otro caso de este tipo es la aparición de un segundo subcentro de empleo en Conocoto. Estos tres sitios no siguen los patrones que el análisis exploratorio

mostró y que daban los primeros indicios de la existencia de centros de empleo subordinados a la macrocentralidad. Esto ha llevado a pensar que un umbral muy pequeño de distancia podría llevar a incluir localidades en el análisis que pueden distorsionar la segunda fase del método. A pesar de esto el método logra excluir de manera certera a 10 candidatos y coincide en 9 localidades con el primer escenario.

Este análisis es importante, y se diferencia del visto previamente, porque ha permitido recoger las pequeñas alzas de empleo que se han presentado tanto dentro de la mancha urbana como en las zonas rurales conurbadas. Además de esto ha identificado localidades que tienen efectos estadísticamente significativos sobre la densidad de empleo; que al fin y al cabo son los que más se acomodan a los fines de esta investigación. Hasta este punto este método resulta el más consistente con el análisis exploratorio y con el conocimiento convencional que se tiene sobre la ciudad. Es necesario sin embargo explorar otra herramienta que permita confirmar la superioridad de este método o que en su defecto permita encontrar una mejor opción.

5 Localización de centros de empleo y la distribución de la población

Existe un acuerdo en la literatura de la nueva economía urbana sobre la existencia del fenómeno de la policentralidad que se encuentra acompañada por una baja progresiva en los costos de transporte y por los avances tecnológicos comunicacionales. La sección anterior mostró que Quito no es ajeno a este fenómeno. Siguiendo la línea de la Nueva Economía Urbana se esperaría que los centros de empleo tengan una influencia local o global sobre la distribución del empleo pero además sobre la población (Anas et al. (1998)). Esto debido a que son el resultado, de un juego conjunto de fuerzas de expulsión y atracción que estos determinan y que configuran aglomeraciones en el espacio. Esta sección pretende contrastar esta regularidad empírica y teórica para la ciudad de Quito; intentando dar un primer acercamiento al efecto de esta distribución sobre la configuración social de la ciudad desde una perspectiva espacial.

Tabla 2: Centros de empleo ubicados por el método de McMillen (2001)

Centros de Empleo
Quitumbe
Solanda
La Villaflores
Cotacollao
Conocoto
San Antonio
Carapungo
Cumbayá
Tumbaco

Fuente: INEC (2010). Censo Nacional Económico.

5.1 Análisis descriptivo

El simple análisis visual de la distribución de la densidad de población, expresada en los cocientes de localización, en relación a la localización de los centros de empleo identificados a través del método de McMillen (2001) da un buen primer panorama de la posible existencia de una relación de influencia de la distribución de la actividad económica sobre la distribución de la población. Esto entendiendo que los centros de empleo son aquellos puntos donde las actividades económicas tienen un mayor dinamismo y por ende ejercen fuerzas atractoras y expulsoras a partir de ellos. El mecanismo a través del cual se ejercen estas fuerzas, al menos teóricamente, son los precios del suelo. Los centros de empleo encontrados se exponen en la Tabla 2.

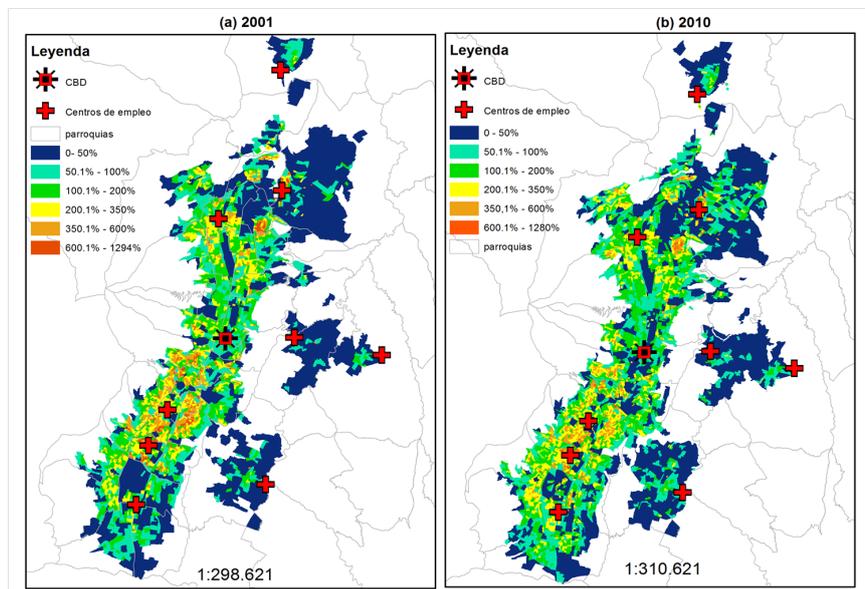


Figura 11: Mapa de densidad poblacional como cociente de localización con centros de empleo superpuestos, 2001-2010.

Fuente: INEC (2001,2010). Censo de Población y Vivienda; Censo Nacional Económico.

La Figura 11 contiene los mapas de densidad poblacional para 2001 y 2010 en el área de estudio, además de la localización de los centros de empleo. Como se puede observar, todos los centros de empleo se encuentran ubicados cerca a alzas locales de densidad de población. Se usa el mapa de densidad para observar si la distribución de 2001 guarda alguna relación con los centros de empleo de 2010; sin embargo, este ejercicio dejará de realizarse pues solo sirve para ilustrar el fenómeno de movimiento de la población alrededor de un centro de empleo. Si bien se puede presumir que la ubicación de los centros de empleo puede ser estable en el mediano plazo no se puede asegurar que su emergencia fue consecuencia, más bien, de un aumento previo en la densidad de población en esa misma localidad. Es decir este

aumento de densidad poblacional atrajo actividades económicas en busca de mercados de consumo y fuerza laboral; y, no al revés, como lo sugiere la teoría. En esta medida la lógica general que se puede observar dos casos²⁴: i) El primero alrededor de los centros de empleo que sufren un proceso de dispersión de una población que antes se encontraba concentrada alrededor de estos; este es el caso específico de Solanda, la Villaflores y Cotacollao. Estos tres parecerían estar en una etapa de reemplazo del uso habitacional del suelo por un proceso de dinamización de la economía en estas localidades, al igual que sucede en el CBD. El segundo caso es del resto de centros que parecen estar en una etapa todavía de atracción de población y que muestran alzas de la densidad de la población en el tiempo; estos se encuentran en partes de la ciudad cuyo desarrollo urbanístico es más joven que las zonas del primer caso. Un buen ejemplo de esto es Quitumbe o las zonas de los valles en Conocoto, Cumbayá o Tumbaco.

Otra particularidad que se observa claramente es que ninguno de los centros identificados se encuentra dentro del área del *cráter de densidad poblacional* que se encuentra en el centro de la ciudad, en el CBD. Lo que muestra claramente que “este cráter” se produce a partir del desplazamiento del uso del suelo habitacional por un uso del suelo por parte de actividades económicas; y, esto a una escala superior que en los centros de empleo antes mencionados. La importancia de esta macrocentralidad ha generado incluso un proceso de desplazamiento que supera a los de los centros de empleo subordinados a él. Este fenómeno se puede ver con claridad en la Figura 12, que tiene la representación de las curvas ajustadas de densidad poblacional y de empleo a través del método LOESS de ajuste de superficies.

El decrecimiento de los picos más cercanos de densidad poblacional al CBD, podrían explicarse entonces por dos sucesos: el crecimiento del área del cráter de la macrocentralidad y un posible crecimiento de los picos de empleo más próximos a este. Es decir una intensificación y extensión del uso del suelo en actividades económicas en el centro de la ciudad y además un simultáneo proceso de consolidación y crecimiento de centros de empleo ha determinado un desplazamiento del uso del suelo habitacional de estas áreas. Este desplazamiento ha representado un movimiento de la población hacia las parroquias rurales conurbadas y sectores menos poblados en el sur de la ciudad; esto a su vez ha determinado la aglomeración de la actividad económica alrededor de estos puntos poblados que han ganado tamaño entre 2001 y 2010. Esta constatación es una primera descripción de la relación entre la actividad económica y la población; esta sin embargo posee mucho de análisis intuitivo y conjeturas, por lo que es necesario pasar a un análisis con una base formal que dé una validación estadística sobre los rasgos identificados en esta sección.

²⁴Para entender esta lectura de mapas es indispensable que el lector se haya familiarizado con la cartografía del Anexo A que tiene como fin orientar con respecto a las localidades en el DMQ.

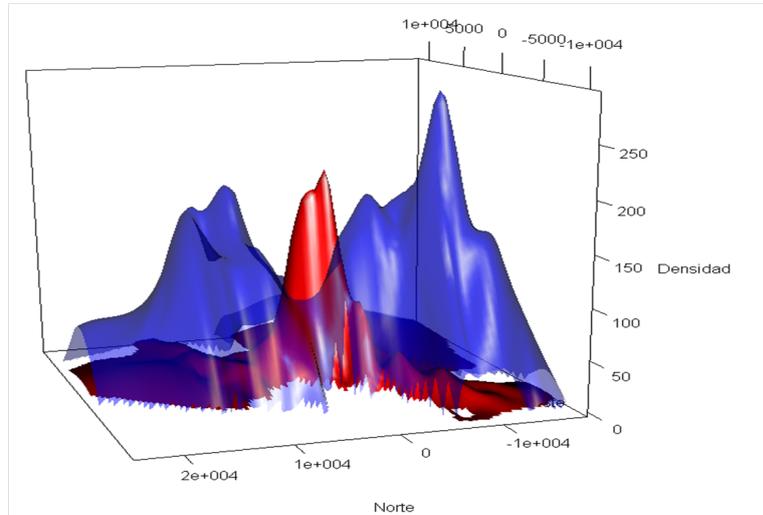


Figura 12: Superficie de densidad poblacional y de empleo ajustadas por LOESS, 2010.
Fuente: INEC (2010). Censo de Población y Vivienda; Censo Nacional Económico.

5.2 Análisis LISA bivariado

En esta sección se usa la extensión del análisis LISA esta técnica para identificar clusters y outliers entre dos variables distintas. La técnica analiza al valor de una variable en un sector censal y le compara con el valor de otra variable en sus sectores vecinos. Por ejemplo, para este caso en particular, este método identifica un cluster tipo Alto-Alto cuando un sector censal tiene correlación espacial positiva con los sectores vecinos y cuyo valor de densidad de empleo sea mayor al promedio; al mismo tiempo el valor de la densidad de población de sus sectores vecinos debe ser mayor al promedio. Las categorías funcionan de la misma manera que en las secciones anteriores pero ahora la relación es entre las dos variables: densidad de empleo y densidad de población. Los resultados se consiguen tras 999 permutaciones para darles significación estadística a los resultados; la selección de sectores censales son los 4520 que registraban al mismo tiempo empleo y población. El análisis de la I de Moran bivariada global mostro un estadístico de -0.037 lo que muestra una correlación espacial negativa entre las variables a un nivel global. Esto significa que existe una tendencia a nivel global de encontrar en el espacio valores altos de empleo y bajos de población. El análisis de las superficies de la Figura 12 hace pensar que este resultado podría variar al explorar esta correlación espacial en el territorio debido a la existencia de picos de densidad de empleo subordinados al CBD, los centros de empleo.

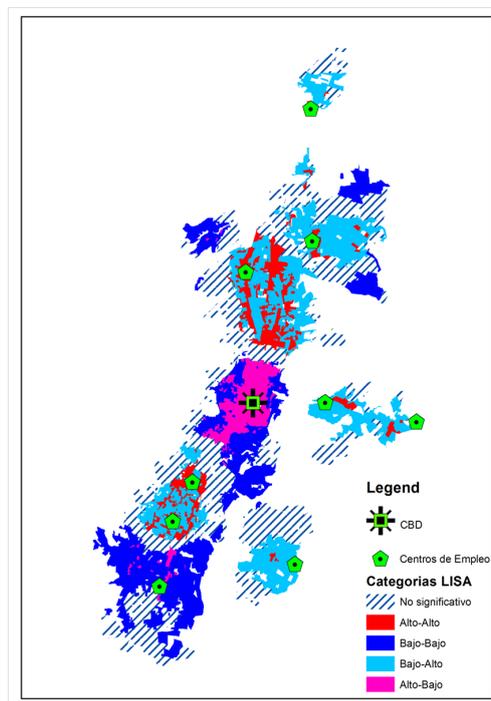


Figura 13: Superficie de densidad poblacional y de empleo ajustadas por LOESS, 2010
Fuente: INEC (2001,2010). Censo de Población y Vivienda; Censo Nacional Económico.

El output de esta categorización se muestra en la Figura 13. Se especifican las categorías por colores mientras las zonas no significativas, que son las que no muestran patrones de distribución definidos, se encuentran en la zona a rayas. Una primera buena indicación sobre el método de identificación es que todos los centros se encuentran dentro de zonas significativas. Por ende, esto implica que la distribución conjunta de la población con respecto a la actividad económica no es un fenómeno aleatorio; sino que responde a una lógica espacial de aglomeración. Además casi todos los centros de empleo se encuentran en zonas con clusters de tipo Alto-Alto, esto da indicios del buen desempeño del modelo de identificación y de que existe, en efecto, una lógica de aumento de densidad de población a medida que aumenta el empleo; sobre todo en estas localidades clave. Los dos centros que se encuentran en clusters tipo Alto-Bajo son el CBD y el centro de empleo de Quitumbe. En este sentido se tiene que el primero debe su comportamiento al ahora confirmado fenómeno de desplazamiento de la población del cráter en el CBD, es decir la alta actividad económica que se concentra en este espacio ha repelido a la población que vivía en este espacio, tal vez a través de una lógica de precios; esto reafirma lo que se mostró con la superposición de las superficies estimadas en la Figura 12 . El segundo, el centro de Quitumbe, podría tener influencia solamente sobre un área muy pequeña circundante, o su efecto no se ejerce hacia la población sino solo hacia la actividad económica, en otras palabras por sus características de ubicación o tamaño su influencia todavía no es notable sobre la distribución de la población en lo que se esperaría

fuese su área de influencia. La Figura 13 confirma de alguna manera lo observado con el examen visual, corrobora a un nivel estadístico de confianza del 95 % que las distribuciones de la población y la actividad económica se encuentran relacionadas en ciertas localidades; teniendo cada localidad su particularidad. Sin embargo en relación con los movimientos de la población no se puede decir mucho por la inexistencia de un censo económico para el periodo 2001 y debido a que este análisis supone tener datos para una misma cartografía; es imposible sin un método de extrapolación de datos extender el análisis para ese periodo.

6 Un modelo de ciudad policéntrica para la densidad de población

El análisis exploratorio ha aportado sobremedida para entender la relación de la ubicación de los centros de empleo con respecto a la distribución espacial de la población. Con el objeto de elevar el rigor metodológico y estadístico en los resultados se correrán dos modelos econométricos que pueden aportar con información relevante. Los modelos son básicamente la extensión de la función inversa exponencial, que fue implementado por el trabajo seminal de Clark (1951), pero utilizando varias variables de distancia a los distintos centros de empleo. El motivo de escoger esta función es su inmensa popularidad y la descripción de varios autores como uno de los mejores métodos para la estimación de la función de densidad poblacional en el ámbito paramétrico (McDonald (1989); Joseph and Wang (2010)). El modelo en su versión original tiene la forma que expresa la siguiente ecuación:

$$DEN = D_0 e^{-\gamma x + \varepsilon} \quad (7)$$

Donde: DEN representa la densidad; x es la distancia de la unidad, en este caso sector censal, al centro de negocios de la ciudad; D_0 y γ son las constantes a ser estimadas por el modelo; y ε es el término de error estocástico²⁵. Para poder ser implementado este modelo suele ser sujeto de una transformación logarítmica (McDonald (1989)) de tal manera que la forma de estimación real es:

$$DEN^* = D_0^* - \gamma x + \varepsilon \quad (8)$$

Donde el asterisco denota a aquellos términos que han sido transformados por su logaritmo natural²⁶.

²⁵McDonald (1989) hace referencia a la posibilidad de incluir el término de error multiplicativamente y no aditivamente como método para mejorar la calidad del ajuste del modelo. Debido a la naturaleza ilustrativa de este análisis dentro de este trabajo solo se tomará en cuenta de manera aditiva.

²⁶El principal problema de este método de estimación es que por la desigualdad de Jensen la transformación de la esperanza de una variable puede ser menor o igual a la esperanza de la transformación. Ver Verbeek (2008).

Para poder dar cuenta de la influencia de la localización de los centros de empleo sobre la población se modifica la especificación para que tome en cuenta la localización de estos. Este procedimiento se extrae parcialmente de Muñiz et al. (2008) quien realiza un ejercicio similar para el Área Metropolitana de Barcelona. El primer modelo es exactamente la extensión del modelo lineal solo que se incorpora las variables de distancia de cada sector censal hasta cada uno de los centros de empleo identificados. A diferencia de Muñiz et al. (2008) no se incluye en el modelo lo que él denomina una variable de control, que es la distancia a la infraestructura vial más cercana; por falta de datos. A pesar de lo antes mencionado el modelo 1 debería ser suficiente para nuestros fines usando la forma:

$$\ln(Den_i) = D_0 - \rho_i dist_{CBD} - \sum_{j=1}^s \rho_j dist_{SUB_{ij}} + \varepsilon_i \quad (9)$$

donde S es el número de centros identificados. Por motivos de conveniencia las variables de distancia entran al modelo multiplicadas por -1 . Este modelo permite a través del signo de cada uno de los ρ identificar el efecto que tiene el centro de empleo sobre la población. El efecto esperado de un centro de empleo que ejerce influencia sobre la población arrojaría un ρ con signo positivo. Esto pues a medida que la distancia con respecto a este disminuye debería existir un mayor nivel de densidad. El modelo 2 es por otra parte una réplica del modelo 1 sin embargo se utiliza el inverso de la distancia a cada centro de empleo para poder detectar de manera más localizada los efectos de la distancia sobre la población. El modelo 2 es de la forma:

$$\ln(Den_i) = D_0 - \rho_i dist_{CBD} + \sum_{j=1}^s \rho_j (dist_{SUB_{ij}}^{-1}) + \varepsilon_i \quad (10)$$

De igual manera en el modelo 2 se espera un signo positivo de un centro de empleo que ejerza influencia sobre la población. Los resultados para los modelos se exponen en la Tabla 3, en este se puede apreciar el ρ estimado para cada variable, entre paréntesis el error estándar y el nivel de significancia con los símbolos seleccionados. El método utilizado para la estimación es el de mínimos cuadrados ordinarios. Para dar cuenta del error de varianza heterocedástica y autocorrelación de los errores se utiliza el método de White (1980) para el cálculo del error estándar y la matriz de covarianza.

Los resultados del modelo 1 arroja una distancia al CBD cuyo efecto no tiene el signo esperado y que además presenta un nivel muy bajo de significancia. Esto puede deberse principalmente a la formación del cráter de densidad en la localización del CBD, que ahora es más evidente debido a la inclusión de las otras variables de distancia. En cambio, de los centros de empleo solamente dos de ellos tienen un signo distinto al esperado, los de Cumbayá y Conocoto; y, existe solo un centro de empleo, Solanda, que no presenta efectos significativos. Este escenario muestra una densidad de población que responde de manera positiva a la mayoría de centros de empleo. Lo que significa que a medida que se acerca el

sector censal hacia uno de estos centros de empleo su densidad de población tiende a subir. La relación que se intuía dentro de los análisis exploratorios se confirma en la mayoría de los casos, incluso la influencia contraproducente de la presencia del cráter en el CBD.

El caso de Conocoto y de Cumbayá es interesante dada su característica de no pertenecer directamente a la mancha urbana. Los motivos para que el signo de un centro no sea el esperado son cinco y se explican de manera detallada en la fundamentación teórica. Aparentemente estos centros no ejercen el efecto esperado sobre la población; es decir la distribución de la población y de la actividad económica en estas localidades son independientes. Por ejemplo, este sería el caso de Cumbayá o Solanda. Por otra parte el caso de Conocoto se puede explicar por su proximidad a, Sangolquí, un centro poblado no considerado en este análisis.

El modelo 2 por otra parte muestra el modelo que trata de ubicar la relación de los centros y la densidad de población con un enfoque más local. Matemáticamente esto sucede debido a que en la relación $\frac{1}{D}$ a medida que la distancia aumente el valor de la relación tenderá a cero. Los resultados tienen mayor consistencia, la distancia al CBD tiene en este modelo significancia estadística y además el signo esperado, incluso a pesar de la existencia del cráter de densidad. Se obtienen signos distintos a los esperados en los centros de empleo ubicados en las zonas de Tumbaco, Conocoto, Cumbayá y San Antonio. Lo que a resumidas cuentas dice que estas localidades no tienen un efecto significativo sobre la población que les rodea, esto puede deberse a una actividad económica relativamente joven, que no ha terminado de consolidarse y su influencia local sobre la distribución de la población es incipiente.

Tabla 3: Estimados para los modelos MCO 1 y 2

	Modelo 1	Modelo 2
Intercepto (Do)	9.7215930*** (0.511591)	5.0990155*** (0.0821991)
Distancia CBD	-0.0195280 (0.019392)	0.05063*** (0.0049082)
Dist. Quitumbe	0.1501370*** (0.018833)	
-		
Dist. Solanda	0.0176340 (0.022021)	
Dist. La Villaflora	0.0897380*** (0.018711)	
Dist. Cotacollao	0.0372820*** (0.010225)	
Dist. Conocoto	-0.0631080*** (0.011091)	
Dist. San Antonio	0.0933570*** (0.017697)	
Dist. Carapungo	0.0535380** (0.018466)	
Dist. Cumbayá	-0.1270140*** (0.036957)	
Dist. Tumbaco	0.0801240** (0.028811)	
1/Dist. Quitumbe		0.4154786*** (0.0591619)
1/Dist. Solanda		0.3882762*** (0.0556879)
1/Dist. La Villaflora		0.3479281*** (0.0672492)
1/Dist. Cotacollao		0.1980508*** (0.038453)
1/Dist. Conocoto		-1.0461961*** (0.1902883)
1/Dist. San Antonio		-0.1579994 (0.1222771)
1/Dist. Carapungo		0.2883554*** (0.0493084)
1/Dist. Cumbayá		-1.5344794*** (0.32847)
1/Dist. Tumbaco		-0.9322526** (0.3238656)

Los niveles de significancia se leen: ***=100; **=0.99; y *=0.95

Fuente: INEC (2001,2010). Censo de Población y Vivienda; Censo Nacional Económico.

Lo que ambos modelos tienen en común es la confirmación de que en Quito existe una influencia de la localización de la actividad económica, representada por los centros de empleo, y la distribución de la población. Este análisis permitió además validar a un nivel estadístico las conjeturas realizadas en el análisis LISA y en la visualización de los patrones de distribución de la densidad de población. El resultado de estos desarrollos muestran una ciudad que dentro de la macrocentralidad muestra un claro desplazamiento del uso habitacional,

al mismo tiempo muestra señales claras de influencia de los centros de empleo dispersos en toda la ciudad sobre la distribución de la población. A medida que los centros de empleo se consolidan se observa un fenómeno de desplazamiento del uso habitacional; este es el caso, por ejemplo, de Cotocollao o la Villaflores.

Se logra apreciar un gradiente de decaimiento, es decir una proporción a la que cae el nivel de densidad con respecto a la distancia, con el signo esperado en los centros consolidados, que además determinan patrones de distribución de la densidad de población alrededor de ellos que se apreciaron en la Figura 11 y en la Figura 12. Es decir cada uno de estos centros de empleo se comporta como un pequeño CBD, alrededor del cual la población se ubica para poder acceder a los servicios, empleos y otros equipamientos que pueden estar presentes en estos centros; la lógica se puede analizar también al revés: los centros que concentren dentro de sí empleos y equipamientos de interés de la población serán los que tengan mayor influencia sobre la densificación de la población alrededor de ellos. Mientras más cerca se encuentre el sector censal del centro de empleo entonces la población estará más densificada. Estos patrones de distribución deberían presentarse también en otras dimensiones como el salario de los empleados, la relación capital-trabajo, el precio del suelo y otras variables cuya distribución supone una relación estrecha con la ubicación de estos centros²⁷. Estas particularidades deberían entonces determinar un patrón social de distribución de la población en función de sus ingresos y su renta ofertada; esto debido a que el precio del suelo alrededor del centro de empleo debería presentar un patrón también decreciente con un respectivo gradiente de decaimiento haciendo que el nivel de ingresos de la familia siga el mismo patrón de distribución que el de los precios.

7 Conclusiones

La población de Quito ha sido desplazada progresivamente de las localizaciones donde se consolidan centros de empleo. En el lugar donde se asienta la macrocentralidad se aprecia un cráter de densidad poblacional que da testimonio de esto. El crecimiento de la ciudad de manera extensiva y longitudinal ha desembocado en un fenómeno de baja de la densidad poblacional en los anteriormente consolidados centros de población. Si bien se identificó un gradiente de decaimiento de la población con respecto a la distancia al CBD; el modelo de ciudad monocéntrica no parece ser la mejor opción para explicar la distribución de la población.

La distribución de la densidad de empleo es eminentemente hipercéntrica, con alzas pequeñas locales que se subordinan a la macrocentralidad. Se confirma la existencia de múltiples centros de empleo distribuidos a lo largo de la ciudad, esto además por varios métodos de identificación. El método no paramétrico de McMillen (2001) McMillen (2001) arrojó los

²⁷Comprobar esto no le compete a esta investigación de manera directa por lo que se deja abierto para posteriores trabajos

mejores resultados, de estos se desprende la existencia de 9 centros de empleo para Quito, cinco en zonas rurales conurbadas y cuatro dentro de la zona urbana de la ciudad. El norte de la ciudad depende en mayor medida de la macrocentralidad por lo que se identifican menos centros de empleo en esta área.

La relación entre la población y el empleo es clara a un nivel visual, y además utilizando técnicas estadísticas de análisis. La consolidación de centros de empleo en localidades como La Villaflora y Cotocollao determina, así como el crecimiento de la macrocentralidad, el desplazamiento del uso del suelo habitacional. Se confirma la estructura policéntrica al observar patrones de decaimiento de la población alrededor de cada centro de empleo. Se confirma la influencia de casi todos los centros de empleo sobre la densidad de empleo ya sea a un nivel local o global a través de un modelo de influencia de la ubicación de los centros de empleo sobre la densidad de la población .

Referencias

- Alonso, W. (1964). *Location and land use: toward a general theory of land rent*. Editado por Harvard University Press. Publications of the Joint Center for Urban Studies of the Massachusetts Institute of Technology and Harvard University, Harvard University Press. <http://www.cabdirect.org/abstracts/19641802976.html>.
- Anas, A., Arnott, R., and Small, K. (1998). Urban Spatial Structure. *Economic Literature* 36, 3:1426–64.
- Anderson, J. E. (1982). Cubic-Spline Urban-Density. *Journal of Urban Economics*, 12:155–67.
- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis* 27 (2), Wiley Online Library:93–115. doi:10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- Anselin, L. (1998). *Spatial econometrics: models and methods*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Anselin, L., Syabri, I., and Kho, Y. (2006). GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. *Geographical Analysis* 38, (1):5–22.
- Avedaño, A. J. (2012). Three essays on urban spatial structure in Bogota D.C. *Universitat Autònoma de Barcelona*. <http://hdl.handle.net/10803/117436>.
- Bivand, R., Pebesma, E., and Rubio, V. (2008). *Applied Spatial Data Analysis with R*. Editado por Robert Gentleman, Kurt Hornik, y Parmigiani. Giovanni. New York, NY: Springer New York. doi:10.1007/978-0-387-78171-6.

- Burnham, K. and Anderson, D. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference: a Practical Information-theoretic Approach*. New York Springer, volume 60. New York: Springer-Verlag. 2nd ed. http://www.amazon.co.uk/Model-Selection-Multi-Model-Inference-Information-Theoretic/dp/1441929738/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1325808253&sr=8-1.
- Burnham, K. and Anderson, D. (2004). Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research* 33, 2:261–304. doi:10.1177/0049124104268644.
- Cervero, R. (1989). *Americas suburban centers: The land use-transportation link*. Boston: Unwin Hyman.
- Cervero, R. and Wu, K.-L. (1997). Polycentrism, commuting, and residential location in the San Francisco Bay area. *Environment planning A* 29, 5:865–86. <http://ideas.repec.org/api/oenviron/29y1997i5p865-886.html>.
- Champion, A. G. (2001). A Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations. *Urban Studies* 38, 4:657–77. doi:10.1080/00420980120035277.
- Clark, C. (1951). Urban Population Densities. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 114 (4). Wiley for the Royal Statistical Society, pages 490–96. doi:10.2307/2981088.
- Clark, W. and Kuijpers-Linde, M. (1994). Commuting in Restructuring Urban Regions. *Urban Studies* 31, 3:465–83. doi:10.1080/00420989420080431.
- Cleveland, W. and Devlin, S. (1988). Locally Weighted Regression: An Approach to Regression Analysis by Local Fitting. *Journal of the American Statistical Association, Applications & Case Studies*, 83 (403)., American Statistical Association:596–610. doi:10.2307/2289282.
- Fujita, M. and Thisse, J.-F. (2002). *Economics of agglomeration: cities, industrial location, and regional growth*. New York: Cambridge University Press.
- Giuliano, G. and Small, K. (1991). Subcenters in the Los Angeles region. *Regional Science and Urban Economics* 21, 2:163–82. doi:10.1016/0166-0462(91)90032-I.
- Joseph, M. and Wang, F. (2010). Population density patterns in Port-au-Prince, Haiti: A model of Latin American city? *Cities* 27 (3)., Elsevier Ltd:127–36. doi:10.1016/j.cities.2009.12.002.

- Link, F. (2008). De la policentralidad a la fragmentación en Santiago de Chile. *Centro-h*, 2:13–24. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=115112535002> .
- Mancheno, D. and Rojas, D. (2013). Subcentros de empleo en el DMQ y la creación de centralidades en el Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012-2022. *Questiones Urbano Regionales 1*, 2:95–119.
- McDonald, J. F. (1989). Econometric studies of urban population density: a survey. *Journal of Urban Economics*, 26 (enero):361–85.
- McDonald, J. F. (1989). Econometric studies of urban population density: a survey. *Journal of Urban Economics* 26, (enero):361–85. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12283233>.
- McMillen, D. (2001). Nonparametric Employment Subcenter Identification. *Urban Economics* 50, 3:448–73. doi:10.1006/juec.2001.2228.
- McMillen, D. (2003). Identifying Sub-centres Using Contiguity Matrices. *Urban Studies*. doi:10.1080/00420980220080161.
- Millward, H. (2008). Evolution of population densities: Five canadian cities, 1971-2001. *Urban Geography* 29, 7:616–38. doi:10.2747/0272-3638.29.7.616.
- Muñiz, I., Garcia, M., and Galindo, A. (2003). Cubic spline population density functions and satellite city delimitation: the case of Barcelona. *Urban Studies* 40, 7:1303–21. doi:10.1080/0042098032000084613.
- Muñiz, I., Garcia, M., and Galindo, A. (2008). The Effect of Employment Sub-centres on Population Density in Barcelona. *Urban Studies* 45, 3:627–49. doi:10.1177/0042098007087338.
- Redfearn, C. (2007). The topography of metropolitan employment: Identifying centers of employment in a polycentric urban area. *Urban Economics* 61, 3:519–41. doi:10.1016/j.jue.2006.08.009. doi:10.1016/j.jue.2006.08.009.
- Rojas, C., Muñiz, I., and García, M. (2009). Estructura urbana y policentrismo en el área metropolitana de concepción. *Eure* 35, 105:47–7. doi:10.4067/S0250-71612009000200003.
- Schelotto, S. (2008). La ciudad de Montevideo: ¿una metrópoli policéntrica? *Centro-h*, 2:37–46.
- Segre, R. (2008). Río de Janeiro: una vocación histórica policéntrica. *Centro-h*, 2:25–36. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=115112535003>.
- Vallejo, R. (2008). Quito: capitalidad y centralidades. *Centro-h*, 2:47–54.

Verbeek, M. (2008). *A Guide to Modern Econometrics*. Editado por John Wiley Sons Ltd. Text. John Wiley & Sons. <http://www.amazon.de/p/0470517697>.

Von Thünen, J. (1996). *Von Thünen's Isolated State: An English Edition of Der Isolierte Staat*. Editado por P Hall. Elsevier Science & Technology. <http://books.google.com.ec/books?id=VJfpPAAACAAJ>.