

DISTRIBUCIÓN DASIMÉTRICA DE DATOS CENSALES Y ANÁLISIS DE REDES PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE EQUIPAMIENTO URBANO¹

Rosso, Inés

Centro de Investigaciones Geográficas – IGEHCS – CONICET- Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires - Campus Universitario - Tandil – Argentina. E-mail: inesrosso@gmail.com

Resumen

El presente trabajo corresponde a una ampliación de un estudio en el centro de la Provincia de Buenos Aires, que inició con el análisis del proyecto “Puntos Limpios” (PL), en el marco del programa de Gestión Integral de RSU, del Municipio de Ayacucho, pretendiendo ahora profundizar la metodología utilizada, indagando en las potencialidades del método de distribución dasimétrica para la desagregación de datos censales. El objetivo inicial fue aportar al análisis espacial de la puesta en marcha del Programa indicado y determinar a su vez cuántos puntos nuevos y en qué lugares deberían ser instalados para aumentar la accesibilidad de la población a los mismos, de manera tal que incluyan la mayor parte de la planta urbana. Para tal fin se diseñó una metodología que incluye la creación de una red vial urbana para modelizar los desplazamientos reales y trazar las zonas de servicio de los PL existentes dentro de un rango de impedancia determinado, para luego, a través del método de localización-asignación, optimizar el posicionamiento de 3 (tres) PL nuevos, de manera tal que puedan abarcar la mayor parte de población hasta entonces no incluida. La metodología de desagregación de datos viene a auxiliar la necesidad de identificar claramente la distribución de la demanda para aportar a su optimización, a partir de datos auxiliares y complementarios. En este caso se utilizará información de imágenes satelitales que otorguen de posibilidad de distribuir los datos censales sólo en aquellos sectores de la ciudad que presenten superficie edificada, optimizando la modelización de la distribución y densidad poblacional.

Palabras clave: Áreas de Servicio - Localización-Asignación - Distribución Dasimétrica

DASYMETRIC DISTRIBUTION OF CENSUS DATA AND NETWORK ANALYSIS FOR OPTIMAL LOCATION OF URBAN EQUIPMENT

Abstract

This paper corresponds to an extension of a study in a Province of Buenos Aires, which began with the analysis of the project "Green Points" (GP), in the framework of integrated management of municipal solid waste (MSW) program, of the Municipality of Ayacucho, pretending now to deepen the methodology used, delving into the potential of dasymetric distribution method to execute a spatial disaggregation of census data.

The initial objective was to provide a spatial analysis of the implementation of the indicated program and determine how many new points and in what places should be installed to increase the accessibility of the population to them. To this end a methodology was designed that includes the creation of an urban road network to model the actual movements and trace service areas within a certain range of impedance, then designed, through the method of location-allocation, a propose to improve the position of three (3) new GP, so that they can cover most of the population hitherto not included.

¹ Recibido: febrero de 2016. Aceptado: septiembre de 2016

The data disaggregation methodology is to aid the need to clearly identify the distribution of demand to contribute to their optimization, from ancillary and supplementary data. In this case information from satellite images that give a possibility to distribute census data only in those parts of the city to present built-up area, optimizing the modeling of the population distribution.

Keywords: Service Areas; Location-allocation; Dasymetric distribution

Introducción

El Municipio de Ayacucho, provincia de Buenos Aires, ha desarrollado un proyecto denominado “Puntos Limpios” (PL), en el marco del programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, destinados específicamente al depósito de plásticos y vidrios por parte de la ciudadanía, para luego ser transportados a la Planta de Reciclado, ubicada en el Complejo Ambiental Sustentable de Ayacucho e inaugurada en junio de 2014. Con el presente trabajo se pretende aportar al análisis espacial de la puesta en marcha de dicho proyecto, a partir de la evaluación de la distribución espacial de la demanda respecto a la localización de los PL existentes, pretendiendo proponer la creación de nuevos PL para incluir a la mayor cantidad de población posible a partir de una localización óptima de los mismos.

Considerar al espacio geográfico como una superficie continua, sin obstáculos, y posible de ser transitada en su totalidad, en un gran equívoco a la hora de realizar análisis espaciales. A diferencia de estos postulados, se considera importante contar con la posibilidad de incorporar la fricción espacial en diferentes medidas de costo, así como de contemplar cuáles zonas pueden ser atravesables y cuáles no a partir de considerar por ejemplo el tramado del ejido urbano. En tales casos, la confección de una red de circulación se torna decisiva para modelizar los desplazamientos en el espacio geográfico actual, ya que en definitiva la infraestructura y redes viales van a cumplir un papel fundamental para facilitar las interrelaciones (Gutiérrez Puebla y García Palomares, 2007).

A fin de contemplar el real desplazamiento por el viario público que cada ciudadano debería transitar para depositar los residuos, se determinarán las áreas de servicio (Service Area) actual de los PL existentes, por medio de un análisis de redes utilizando las funciones de vecindad de un Sistema de Información Geográfica. Se pretende identificar las áreas de servicio definidas alrededor de la ubicación de los PL en una red, las cuales abarcarían una región que incluirá todas las calles accesibles, es decir, aquellas que se encuentren dentro de la impedancia especificada. Las áreas de influencia o zonas de servicio son definidas como aquellos territorios “hasta donde se deja sentir el efecto de un determinado servicio o

equipamiento, esta región está en estrecha relación con la población o usuarios que la emplean” (Ramírez, 2004: 2). Tales procesos, como lo plantean Buzai y Baxendale:

implican la realización de procedimientos orientados al estudio de la distribución espacial de puntos centrales y sus alcances espaciales (...); estos procedimientos, entre otros, resultan ser de utilidad para el estudio de la competencia espacial en el sector privado o de la cobertura óptima para el sector público (2012: 213).

La definición de los espacios de influencia para cada PL, permitirá caracterizar espacialmente la accesibilidad a diferentes niveles, según bandas de distancia, y por tanto la población que quedaría contenida en cada una de ellas. Luego, será necesario realizar una evaluación de la demanda que, tales áreas de servicio identificadas contemplan, o sea, cuánta población actualmente está dentro de un nivel de accesibilidad tolerable, a fin de conocer el porcentaje de población que aún no se encuentra incluida en la puesta en marcha del Programa de RSU, en Ayacucho. Para cumplir con este procedimiento será necesario sortear algunos obstáculos metodológicos que presentan las entidades espaciales que almacenan la información censal.

Considerando que el disponer de información demográfica en unidades administrativas con distribución homogénea de la población constituye una problemática habitual en el campo del análisis espacial urbano, emerge como una necesidad recurrente la utilización de métodos de desagregación espacial, mediante información auxiliar y/o técnicas estadísticas que permitan trasladar la información demográfica desde los radios censales, diseñados a partir de criterios administrativos e independientes de la información misma, a otras entidades menores, mediante algún procedimiento que permita formalizar dicha relación.

En otro artículo publicado de la misma autoría (Rosso, 2016), se trabajó la misma problemática que aquí se presenta a partir del método de interpolación picnofiláctico suavizado (Tobler, 1979). Se propone ahora, utilizar el método de desagregación probabilística con datos auxiliares o de distribución dasimétrica a fin de evaluar si se consigue una mejora substancial de los resultados obtenidos, intentando definir cuál de ellos representa con mayor fidelidad la distribución poblacional.

Desde un punto de vista conceptual, este tipo de métodos pretenden romper la homogeneidad de la distribución de densidades de cada unidad de agregación en base a una serie de principios básicos como: 1) la dasimetría, definida por la capacidad de diferenciar la captación de la población de cada unidad territorial, ya sea en una escala binaria (habitabile/no habitabile) o con rango de valores más amplios; 2) las relaciones de vecindad entre los datos disponibles, que supone una semejanza de los fenómenos espaciales según su proximidad y 3) la condición picnofiláctica, que implica la preservación

de los valores conocidos en las unidades de agregación que constituyen los datos de partida (Santos Preciado, 2015).

Una vez presentado el método junto a sus resultados será necesario un último paso que consista en asignar la demanda potencial identificada para cada PL existente contemplando los costos de desplazamientos en términos de distancia ponderada, para luego asignar nuevos PL por medio del método de *localización-asignación*. Estos modelos, según Gustavo Buzai

intentan evaluar las localizaciones actuales de los centros de servicio con base en la distribución de la demanda y la generación de alternativas para lograr una distribución espacial más eficiente y/o equitativa. Además, buscan las ubicaciones óptimas de localización y determinan las mejores vinculaciones de la demanda, entendida en términos de asignación (2001:112)

Materiales y métodos

Del mismo modo que se inició en el estudio anterior, será necesario construir la red vial urbana de la localidad de Ayacucho, a fin de modelizar los desplazamientos en el espacio geográfico. Así, se incorporan todos aquellos segmentos de la red que sean atravesables, dentro de un rango de impedancia determinado, y se definen los PL existentes como los sitios requeridos o puntos de oferta.

Sobre ellos se trazarán las zonas de influencia, establecidas en torno a 5 minutos para cada punto, lo cual implica que se incluirá de la red vial todas las calles a las que se puede llegar desde cada punto en un plazo de ese tiempo estipulado, equivalente a 300 metros. Las áreas de servicio contemplarán la accesibilidad en dos niveles de impedancia, otorgando dos superficies con mayor y menor influencia, respectivamente. De este modo, la segunda corona de influencia será definida en torno a 8,33 minutos, o sea 500 metros de recorrido, considerando tal región como accesible, aunque en menor grado.

Al trabajar datos poblacionales con Sistemas de Información Geográfica, suele ser recurrente la necesidad de aplicar métodos de desagregación para generar modelos continuos de población a partir de datos almacenados en unidades administrativas censales, transfiriendo los datos allí contenidos a unidades espaciales más pequeñas.

En este caso, una vez creados los polígonos de influencia, se necesita cuantificar el número de personas que quedarían contempladas por cada PL, dato contenido en el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (INDEC, 2010). Como dicha información se encuentra almacenada en unidades espaciales discretas (polígonos de radios censales), fue necesario utilizar un método de desagregación que permita llevar a una expresión continua

la distribución de la población, para determinar así de manera más certera cuántos habitantes tienen acceso o no al equipamiento actual en la ciudad de Ayacucho.

Tal como fue explicitado en párrafos anteriores, en un trabajo anterior se definió aplicar el método de interpolación picnofiláctico suavizado (Tobler, 1979) para modelizar las distribuciones al interior de cada unidad censal y eliminar las artificiales transiciones abruptas entre ellas. Ésta aplicación permite desagregar espacialmente los datos de entrada almacenados en unidades discretas a partir de métodos geoestadísticos (Linares, 2012). El desafío que se presenta ahora es aplicar otro método de desagregación, utilizando datos auxiliares, para definir de una manera más exacta la población involucrada en las áreas de servicio identificadas.

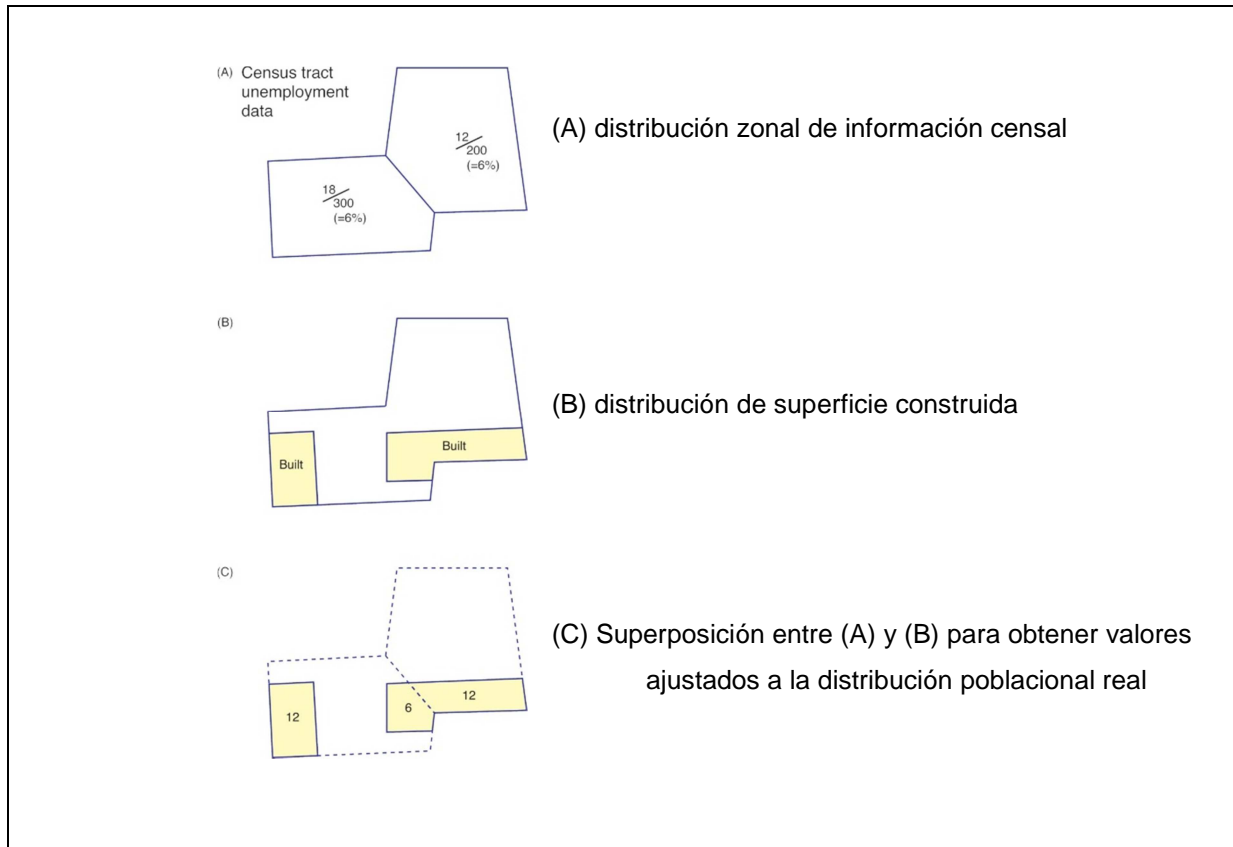
El método de distribución dasimétrica surge, en su origen, con el objetivo de mejorar la fiabilidad de la representación de los datos espaciales en la visualización cartográfica, creando variables limitativas que anulen la información allí donde no exista una relación estrecha con el dato a representar. Su nombre, dasymetric, fue creado y descrito por primera vez por el cartógrafo de nacionalidad rusa Tian-Shansky, hacia la década de 1920, quien desarrolló un mapa de densidad poblacional de la Rusia Europea a escala 1:420000 bajo este método (Preobrazenski, 1954, en Bielecka, 2005). Sin embargo, el término fue popularizado por el cartógrafo Wright hacia 1936, quien estableció un nuevo método de presentación de la densidad de población en base a la división de una unidad administrativa dada en áreas más pequeñas que cumplan diferentes condiciones de entornos geográficos. Los datos auxiliares que subsidiaron este método y permitieron definir los parámetros binarios requeridos, fueron informaciones topográficas.

Conceptualmente el método dasimétrico se define como la técnica en la que las áreas estadísticas se subdividen en áreas de homogeneidad relativa basándose en informaciones complementarias, por tanto, los límites de la variación de los datos dejan de ser administrativos, para pasar a representar zonas de valor homogéneo. Requiere de datos auxiliares que permitan definir variables limitativas, lo cual supone delimitar zonas en las que la variable se anula, estos son factores de localización negativa. Se trata de un enfoque que está tradicionalmente ligado a la representación de la población -densidad poblacional- y a pesar de las ventajas que presenta no ha sido muy utilizado para otras aplicaciones (Holloway, Schumacher y Redmond, 2007)

Si bien el método dasimétrico ha estado disponible por muchas décadas, carece aún de una metodología estandarizada, aunque la amplia difusión de las Tecnologías de la Información Geográfica en la actualidad han permitido la adopción de este método a partir

de secuencias propuestas según el caso de estudio, o la información auxiliar disponible. Esquemáticamente, las fases para la aplicación de este método se presentan a través de la figura N° 1

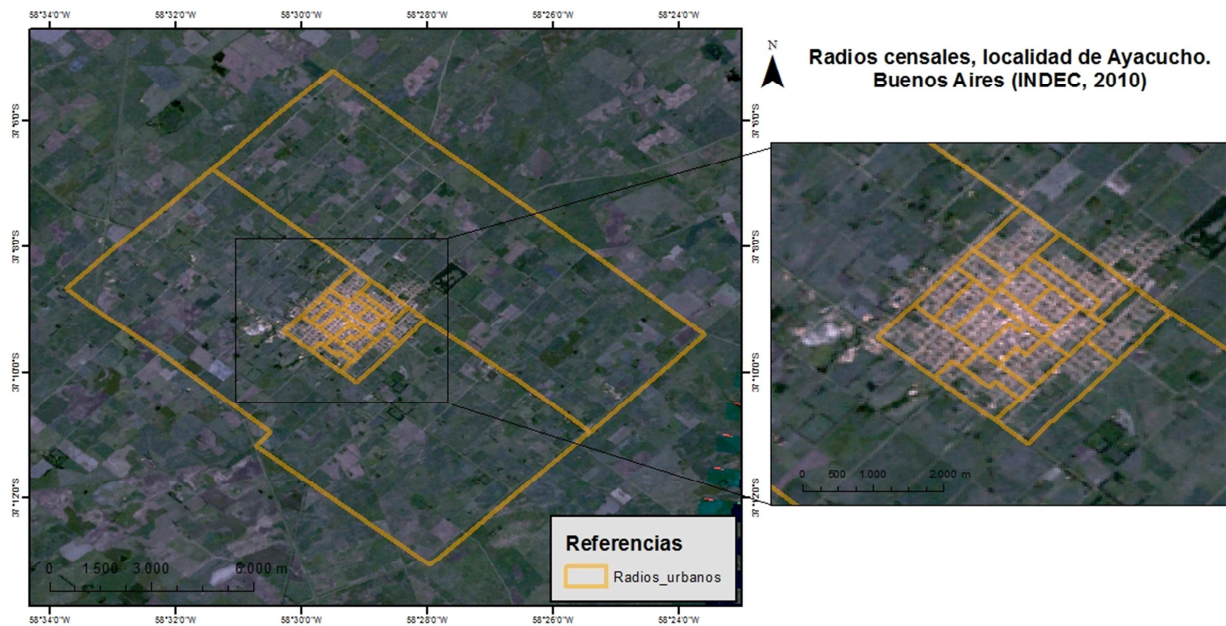
Figura N°1. Distribución dasimétrica



Fuente: Longley, P.; Goodchild, M.; Maguire, D. y Rhind, D. (2013; traducción personal).

En el caso de estudio aquí presentado, resulta significativa la necesidad de atender a un método de desagregación de datos, principalmente debido a la dimensión de los dos radios censales que almacenan los datos demográficos de los barrios periféricos de la localidad de Ayacucho, ya que incluyen una superficie muy amplia cuya condición es principalmente rural, ocultando el nivel de concentración que la población allí incluida presenta en la realidad. En la figura N° 2 se evidencia esta situación, al confrontar la dimensión de los radios censales con una imagen satelital compuesta representativa del momento en que los datos censales fueron recolectados (LandSat5, 2010)

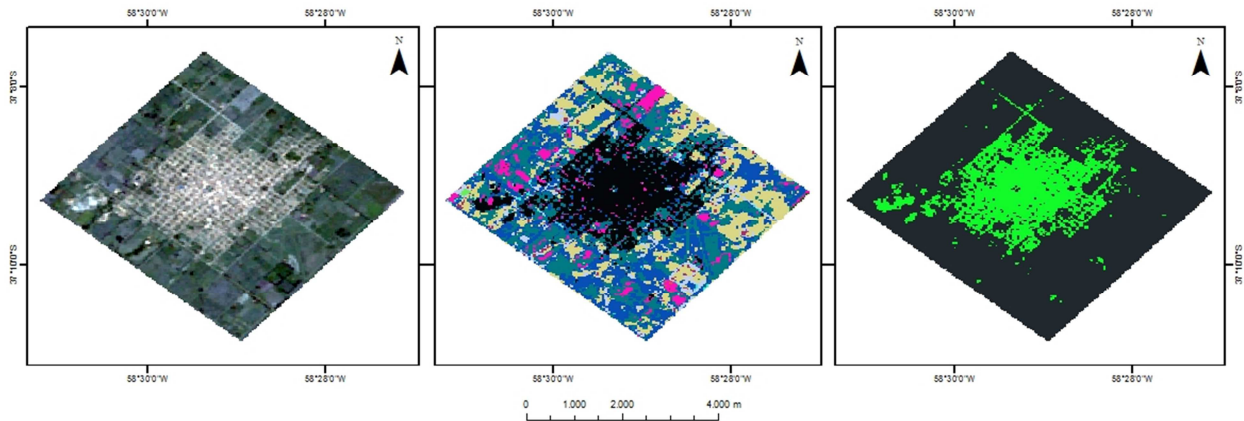
Figura Nº 2. Necesidad de desagregación espacial de datos censales



Fuente: elaboración personal en base a datos Censo, 2010 (INDEC) e Imagen LandSat5 (2010)

De esta manera se llevó a cabo el desarrollo del método de desagregación a partir de distribución dasimétrica, trabajando con información teledetectada a partir de una imagen satelital LandSat5, que permite analizar datos obtenidos en 2010, logrando así la mayor coincidencia posible respecto a los períodos del relevamiento de los datos censales del INDEC a distribuir. Con la intención de crear un shapefile de polígonos que represente la superficie construida coincidente con la zona urbana evidenciada en la imagen satelital, se ejecutó una extracción por máscara para recortar el área de interés. Luego se realizó una clasificación no supervisada en 40 clases (saturando automáticamente en 33 clases) a fin de identificar de forma manual las clases que correspondan a las zonas de interés, para finalmente extraerlas y transformarlas en polígonos, según se muestra en la figura Nº3.

Figura Nº 3. Obtención de zonas edificadas a partir de Imagen Satelital LandSat5, Ayacucho



(1) Imagen Satelital

..... (2) Clasificación No Supervisada

(3) Reclasificación

Fuente: elaboración personal

A continuación fue necesario convertir a un shapefile de polígonos el producto raster resultante de la reclasificación, manteniendo únicamente los valores correspondientes a superficie edificada. Se realizó luego una intersección entre esos polígonos edificados y un shapefile de las vías de circulación de la ciudad, a fin de obtener como entidad máxima de representación el tamaño de una manzana. Luego, se calculó la superficie por polígono y se creó un resumen de información para obtener la sumatoria de las superficies edificadas por radio censal, a fin de ejecutar a continuación el siguiente cálculo:

$$D_{\bar{p}} = D_r \times A_{\bar{p}} \div \sum_{p \in R} A_p$$

Donde:

$D_{\bar{p}}$ Dato ajustado del polígono con superficie construida

D_r Dato poblacional almacenado en Radio censal

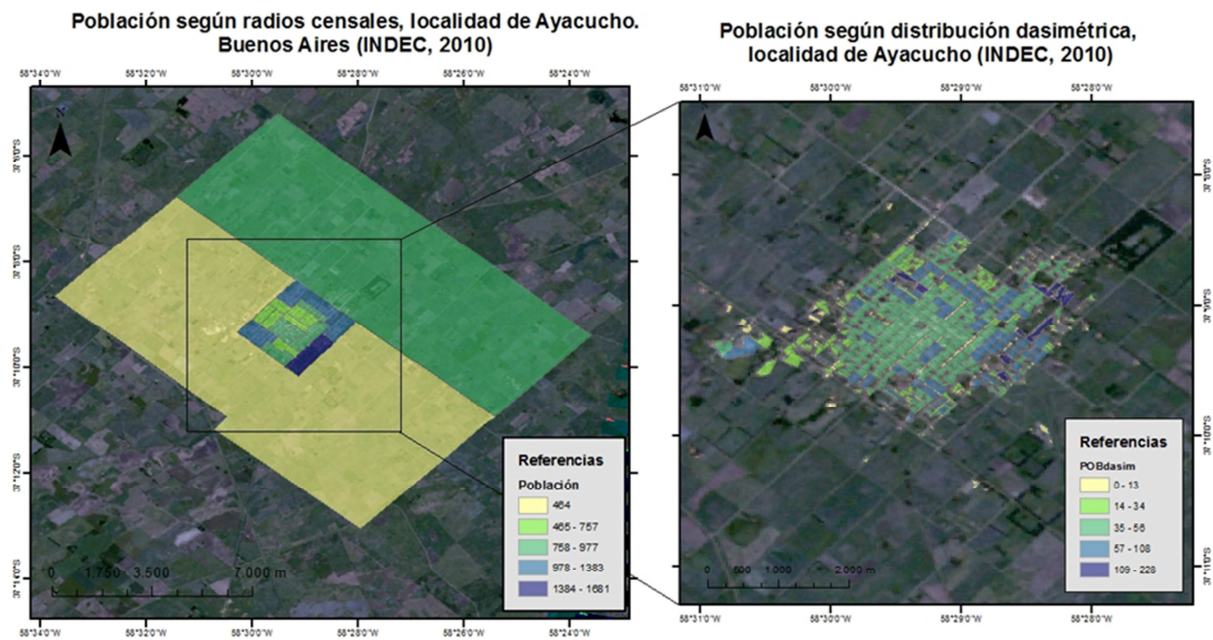
$A_{\bar{p}}$ Área del polígono con superficie construida

$\sum_{p \in R} A_p$ Suma de todas las áreas de los polígonos que pertenecen al mismo Radio censal

Finalmente, se transformó el resultado en un shapefile de puntos para facilitar la inserción de estos datos en el modelo de redes, tanto para calcular la población en las áreas

de servicios de los PL como para la ejecución del método de localización asignación para asignar la localización de tres nuevos PL, según mayor demanda involucre.(Figura N° 4)

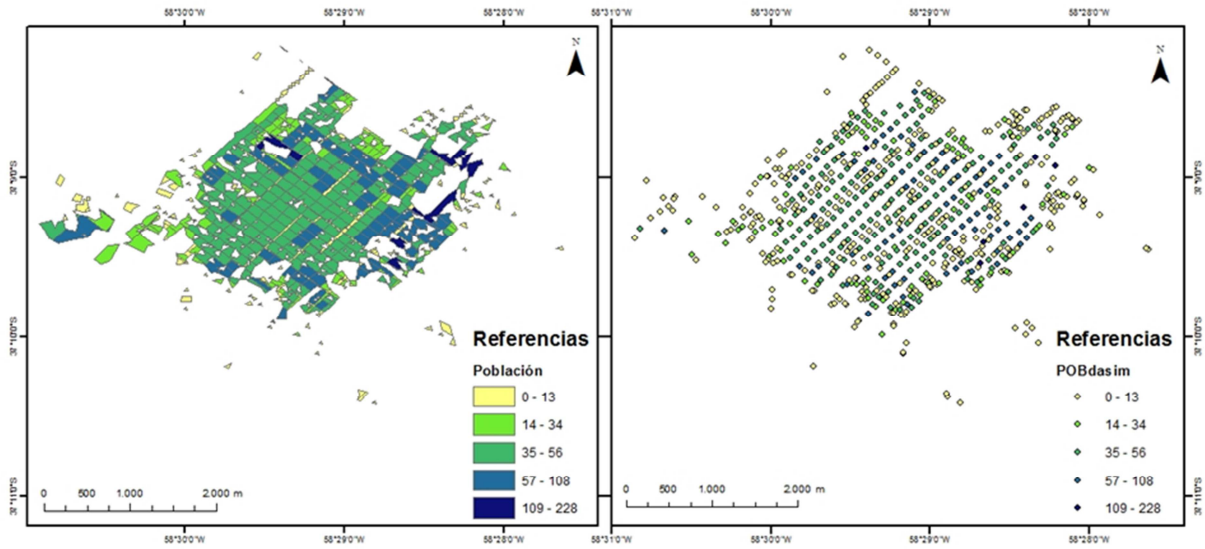
**Figura N°4. Desagregación espacial de datos censales (Total Población).
Ayacucho 2010.**



Fuente: elaboración personal

Por último, a fin de conseguir insertar los resultados del mapa dasimétrico en la modelización de la red de circulación, el shapefile de polígonos con el dato ajustado fue transformado en un shapefile de puntos, cada cual se constituirá en un punto de demanda (con su respectivo peso ponderado en función a la población que representa), al tiempo que también será un punto candidato para la localización de nuevos PL, en el modelo de localización-asignación.(Figura N° 5)

Figura N° 5. Conversión de shapefile de polígonos a puntos.

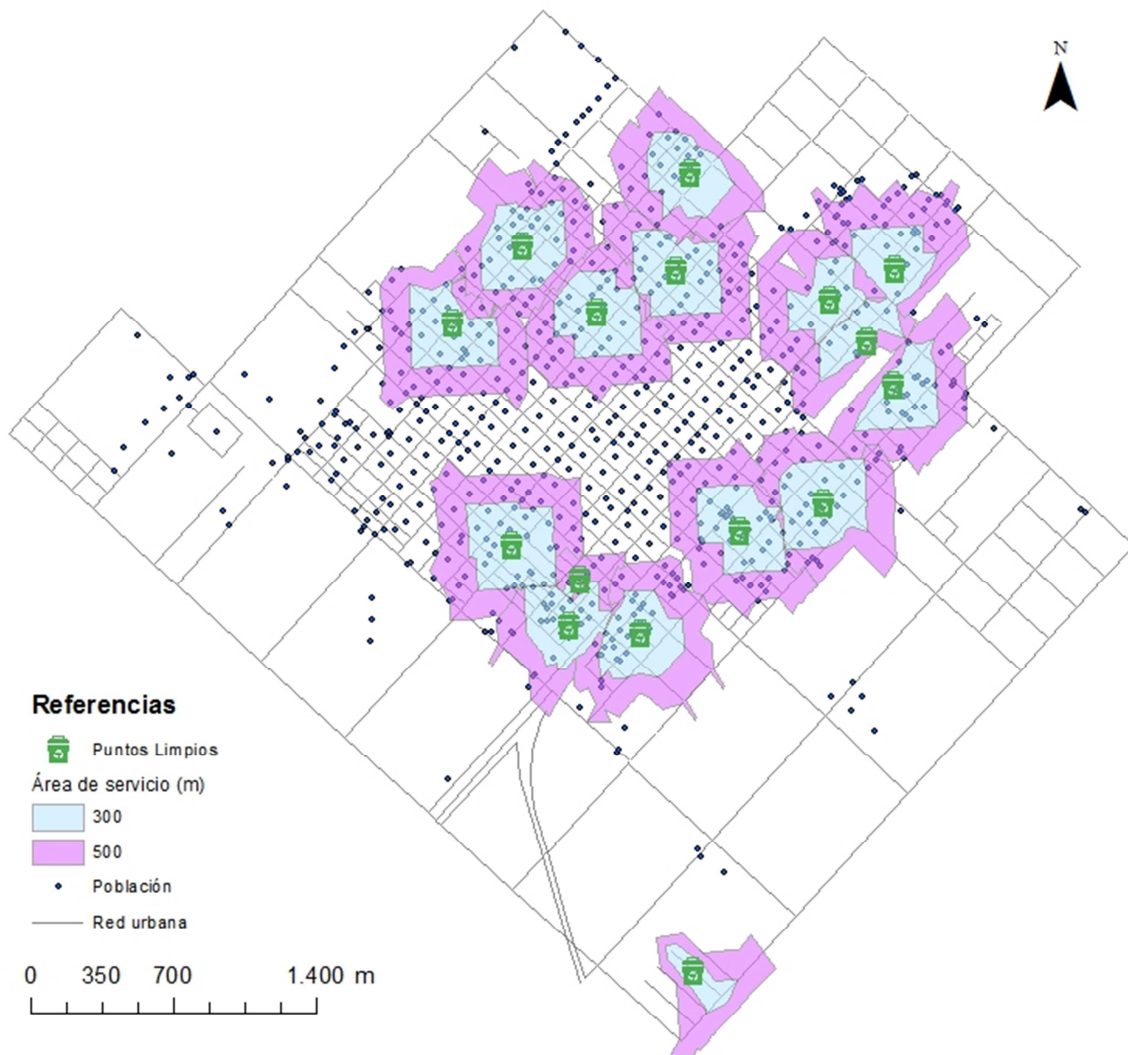


Fuente: elaboración personal

Presentación e interpretación de los resultados

En función entonces de esta metodología, se presenta a continuación los resultados obtenidos de la primera fase, esto es, de la delimitación de las áreas de servicio junto con la cantidad de población allí incluidas, a través de la figura N°6.

Figura N° 6. PL y áreas de servicio, localidad de Ayacucho



Fuente: elaboración personal

De este modo, la Tabla N°1 sintetiza la cantidad de población que quedaría contemplada en las dos coronas de influencia definidas en torno a cada uno, pudiendo analizar el grado de accesibilidad de los PL existentes.

Tabla N°1. Población con accesibilidad a PL existentes

Puntos Limpios	Tiempo de acceso* (minutos)	Radio cobertura (metros)	Población incluida
16	5	300	5.697,8
16	8,33	500	7.257,2
Total acceso			12.955

* Velocidad a pie considerada: 4Km/h

Fuente: elaboración personal

Haciendo una comparación con los resultados obtenidos con el método picnofiláctico suavizado (Rosso, 2016), y en función de los datos extraídos con la utilización de una distribución dasimétrica, se puede afirmar que la población que quedaría por fuera de las áreas de servicio existentes alcanzaría los 6.334 ciudadanos en el primer caso, mientras que serían 4.322 para nuestro actual estudio, teniendo en cuenta que la planta urbana de Ayacucho cuenta con una población total que alcanza los 17.277 habitantes, lo cual representa un 36,7% del total de la localidad y un 25%, respectivamente.

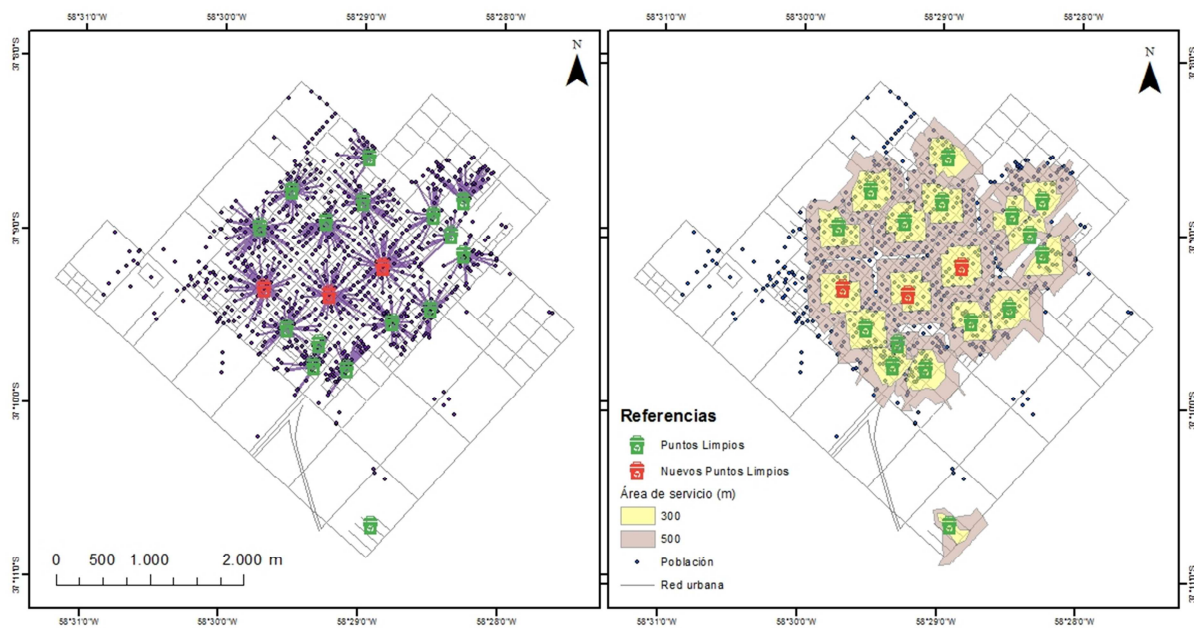
Resta ahora la ejecución del modelo de localización-asignación, a fin de optimizar el posicionamiento de 3 (tres) PL nuevos, y abarcar la mayor parte de población que actualmente no se encuentra dentro de las áreas de accesibilidad establecidas. A tal fin, se requirió la utilización de la red vial creada al inicio, definiendo como puntos requeridos para la asignación de demanda a los PL existentes, de manera tal de que el modelo asigne a cada uno de ellos la población que accede en un radio de 400 metros, definidos como distancia intermedia entre las áreas de servicio antes analizadas (300 y 500 metros respectivamente). Se estableció también que el shapefile de puntos con datos poblacionales construido en la fase anterior sea considerado como los puntos de demanda, ponderados según la población que cada punto representa, al tiempo que serían también contemplados como los sitios candidatos a ser elegidos para localizar los nuevos PL.

En cuanto a la configuración del análisis, se definió que la simulación del movimiento en la red parta de los puntos de demanda hacia los PL requeridos y candidatos, a ser visualizados en formato de líneas rectas y otorgando en el resultado final los valores de tiempo y distancia acumulados para cada caso. El problema a resolver pretende maximizar

la cobertura del servicio en el espacio (Maximize Coverage), requiriendo en el resultado final la selección de un total de 19 PL, esto es los 16 existentes más 3 puntos nuevos.

A continuación se presenta la figura N° 7 con los resultados obtenidos del procedimiento de localización-asignación detallado, seguido de una nueva ejecución del módulo de Área de Servicio, a fin de visualizar la nueva cobertura simulando la localización de los tres nuevos PL elegidos, para poder calcular luego la cantidad de población que quedaría incluida con el nuevo equipamiento.

Figura N° 7. Localización-Asignación y nuevas áreas de servicio de Puntos Limpios



Fuente: elaboración personal

Del procedimiento realizado y en comparación con los resultados obtenidos en el trabajo anterior, se puede afirmar que no ha habido un cambio significativo en la localización óptima de los puntos limpios nuevos. Si bien se nota un desplazamiento hacia el sur, debido a la distribución de la densidad poblacional, continúan proponiéndose en el mismo sentido oeste-este, hacia el centro de la planta urbana, cubriendo la zona central del ejido cuya densidad poblacional es alta y aún no estaba cubierta por el equipamiento en análisis.

Respecto a los datos de la cantidad de población nueva que pasaría a tener acceso al servicio, establecidos por medio de una nueva ejecución del área de servicio que incluyó los 19 PL, se presenta la siguiente tabla con las estadísticas que implicaría tal incorporación.

Tabla Nº2. Población con accesibilidad a PL existentes y nuevos

Tiempo de acceso* (minutos)	Radio cobertura (metros)	Población		Incremento (%)
		incluida actual (16 PL)	Nueva población incluida (19 PL)	
6	300	5.697,8	7392,5	29,74
8,33	500	7.257,2	8970,1	23,6
		12.955	16.362,6	26,30

* Velocidad a pie considerada: 4Km/h

Fuente: elaboración personal

Los datos reflejan un incremento total de 26,30% de la población con los cambios propuestos, de los cuales la mayor parte correspondería a un aumento en el área de servicio más próxima a cada PL, esto es el 29,74% del incremento señalado incluiría población que se encuentra a 5 minutos o 300 metros de distancia al PL más cercano. En síntesis, se pasaría a contemplar una demanda de 16.362,6 personas incluidas en las áreas de servicios de los 19 PL definidos, que representa el 94,7% del total de población de la planta urbana de Ayacucho.

Conclusiones

A modo de reflexión final resulta importante señalar la destacada utilidad del método de desagregación de datos espaciales a través de la distribución dasimétrica utilizando información auxiliar, en este caso de productos teledetectados, permitiendo una representación más próxima a la realidad de los datos demográficos y evitando otorgar información censal a superficies que no presentan edificaciones que evidencien población allí radicada. De este modo, se considera que el nuevo método propuesto constituye un importante aporte a múltiples estudios que involucren el análisis de datos censales, ya que permite el ajuste de cualquier información a entidades de superficie menores.

Del mismo modo, los resultados arrojados en este caso de estudio con la ejecución del modelo de localización-asignación han dejado de manifiesto la importante utilidad que esta herramienta tiene para el estudio de la optimización de la cobertura de servicios y equipamientos para el sector público. Se constituye así en una valiosa metodología de análisis y gestión territorial, así como de soporte a la toma de decisiones espaciales.

En un intento de comparación de los resultados definitivos con el método de la publicación previa ya nombrada (Rosso, 2016), cabe señalar que en números porcentuales

parciales de cada anillo de área de servicio, se evidencia que las proporciones de población asignadas en este trabajo aumentan considerablemente (de 20,2% y 17,03% a 29,74% y 26,30%, respectivamente). Sin embargo el porcentaje de cobertura total es significativamente menor, pasando de 37,2% en el anterior trabajo a 26,3% en el actual estudio. De todos modos, estas últimas cifras, no consiguen alterar la tendencia en el resultado final de la población beneficiaria del equipamiento municipal, ya que con los 3 PL nuevos se pasa a contemplar el 94,7% de la población total de la planta urbana de Ayacucho, cuando el dato a partir del método picnofiláctico suavizado de distribución de la población, conseguía inserir al 86,9%. Independientemente del método que se utilice, en ambos casos, las cifras denotan una optimización concreta de los recursos públicos con los que se cuenta para equipamiento, evidenciando así la utilidad de los Sistemas de Información Geográfica en la puesta en marcha y mejoramiento del programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos de la localidad de Ayacucho.

En cuanto a la validéz o no de los métodos aplicados, los estudios realizados no nos permiten realizar una afirmación contundente sobre la superioridad práctica de uno sobre otro, ya que en ambos casos los resultados fueron similares, obteniendo una leve variación de las proporciones de población incluida en cada área de servicio, pero no modificando la propuesta substancial de localización de tres nuevos PL, con lo cual en función de lo aplicado hasta aquí, sólo podemos afirmar que se trata de dos métodos significativamente válidos de desagregación de datos espaciales. Será tarea de futuros trabajos dedicarnos a poner a prueba cada uno de ellos con criterios claros y definidos a tal fin.

Referencias bibliográficas

- Bielecka, E. (2005): A Dasymetric Population Density Map of Poland. *International Cartographic Conference*, A Coruña, July 9-15.
- Buzai, G. D. (2001) Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) en la ciudad de Luján, Argentina. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía*. Nº 20, Bogotá, Colombia, Julio-Diciembre 2001.
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2012) *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 2: Ordenamiento Territorial / Temáticas de base vectorial. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Gutiérrez Puebla, J. y García Palomares, J. (2007) Sobreestimaciones del cálculo de distancias en línea recta con respecto al de distancias viarias en el análisis de cobertura de las redes de transporte público. En: *XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Organizado por la Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica en la ciudad de Luján, Argentina.

- Holloway, S., Schumacher J. y Redmond, R. (1997): "Dasymetric Mapping Using Arc/Info. Cartographic Design Using ArcView and Arc/Info" Missoula. University of Montana, Wildlife Spatial Analysis Lab.: People & Place
- Linares, S., 2012. Dificultades metodológicas al medir la segregación: el problema del tablero de ajedrez y de la unidad espacial modificable. En: *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). Año 4, N° 4, Sección II: 10-22 On-line: www.gesig-proeg.com.ar
- Longley, P.; Goodchild, M.; Maguire, D. y Rhind, D. (2013) *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica*. Porto Alegre, Brasil: Bookman. (Tercera edición).
- Rosso, I. (2016) Optimización del programa de gestión integral de residuos sólidos urbanos. En: *Soluciones espaciales a problemas sociales urbanos. Aplicaciones de Tecnologías de la Información Geográfica a la planificación y gestión municipal*. Linares, Santiago (comp.) Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil.
- Ramírez, L. (2004) Determinación de áreas de influencia hospitalaria mediante análisis espacial en SIG-vectorial: un aporte metodológico. En: *I Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa*. Organizado por GEPAMA-FADU-UBA y Planetario de la Ciudad de Buenos Aires.
- Santos Preciado, J. M. (2015): La cartografía catastral y su utilización en la desagregación de la población. Aplicación al análisis de la distribución espacial de la población en el municipio de Leganés (Madrid), *Estudios Geográficos*. Vol. LXXXV, I 278, pp. 309-333.
- Tobler, W. (1979). Smooth Pycnophylactic Interpolation for Geographical Regions. En: *Journal of the American Statistical Association*. N°74. Alexandria, VA. p. 519-530.
- Wright, J. K. (1936): A method of mapping densities of population with Cape Cod as an example. *Geographical Review* 26, pp. 103-110.