

# Geografías en diálogo

Aportes para la reflexión

Tomo I

Diana Lan (Compiladora)



ISBN 978-950-658-405-4

# Geografías en diálogo

Aportes para la reflexión

Tomo I



# Geografías en diálogo

Aportes para la reflexión

Tomo I

Diana Lan  
(Compiladora)

Lan, Diana

Geografías en diálogo : aportes para la reflexión / Diana Lan ; Norma Monzón ; Carolina Cohen ; compilado por Diana Lan. - 1a ed. - Tandil : Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2016.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-658-405-4

1. Geografía. 2. Argentina. 3. Investigación. I. Monzón, Norma II. Cohen, Carolina III. Lan, Diana, comp. IV. Título.

CDD 910.82

© 2016 - UNCPBA  
[www.unicen.edu.ar](http://www.unicen.edu.ar)

Primera edición: diciembre de 2016

Los trabajos que se presentan en este libro han sido evaluados por un Comité Científico externo

Centro de Investigaciones Geográficas CIG  
Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales IGEHCS  
Facultad de Ciencias Humanas  
UNCPBA/CONICET

Web: [www.cig.fch.unicen.edu.ar](http://www.cig.fch.unicen.edu.ar)  
E-mail: [cig@fch.unicen.edu.ar](mailto:cig@fch.unicen.edu.ar)

*Diseño de tapa, diseño interior y maquetación*  
María Cecilia Aimaretti

ISBN 978-950-658-405-4



# Evaluación de métodos de desagregación espacial de datos censales en áreas urbanas mediante Tecnologías de Información Geográfica

*Santiago Linares e Inés Rosso*

## INTRODUCCIÓN

Hay muchos problemas geográficos en los que los datos se encuentran agregados en áreas, ya sea porque resulte natural hacerlo o porque sea necesario, como sucede, por ejemplo, con los píxeles en percepción remota o con las unidades básicas censales para datos socioeconómicos. En el primer caso, las zonas son regulares (como una especie de cuadrícula), mientras que en el segundo, son irregulares.

En el campo del análisis espacial urbano, lo habitual es disponer de la información demográfica en unidades zonales administrativas con distribución homogénea de la población en toda la superficie que representan, desvirtuando de forma exagerada lo que acontece en la realidad, ya que, en general, la forma en que se diseñan las zonas en las que se agrupan los datos es independiente de la información misma, utilizándose criterios administrativos o que faciliten su recolección; es por ello que dichas áreas son consideradas arbitrarias.

Esta circunstancia exige utilizar métodos de desagregación espacial, mediante información auxiliar y técnicas estadísticas que permitan trasladar la información demográfica de una zona de origen, de carácter censal, a otras de destino, mediante algún procedimiento que permita formalizar dicha relación.

Los procedimientos tradicionales suelen implementar unidades de tamaño bastante inferior que las unidades administrativas originales, por lo que se denominan “métodos de desagregación”. 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 (habitable/no habitable) 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).

## METODOLOGÍA

Se han adoptado en este trabajo dos procedimientos de desagregación que incorporan parcialmente los principios enunciados, el método de interpolación picnofiláctico suavizado (A), y el método de distribución dasimétrica (B).

### *A) MÉTODO DE LA INTERPOLACIÓN PICNOFILÁCTICA SUAVIZADA*

Este método fue desarrollado por Waldo Tobler (1979) y su fundamento teórico se basa en la consideración de que las transiciones abruptas en los límites, que caracterizan la representación por coropletas, contradicen la “Primera Ley de la Geografía” sobre la manifestación continua de los fenómenos geográficos en el espacio.

Ello implicaría que podría construirse

una superficie continua, partiendo de la superficie escalonada (típica de la distribución espacial de la población en dicha representación cartográfica), forzando a desdibujar los límites, mediante algún procedimiento que aproximara el valor de estas áreas de separación al promedio de los valores iniciales de las zonas más cercanas (Santos Preciado et al., 2011).

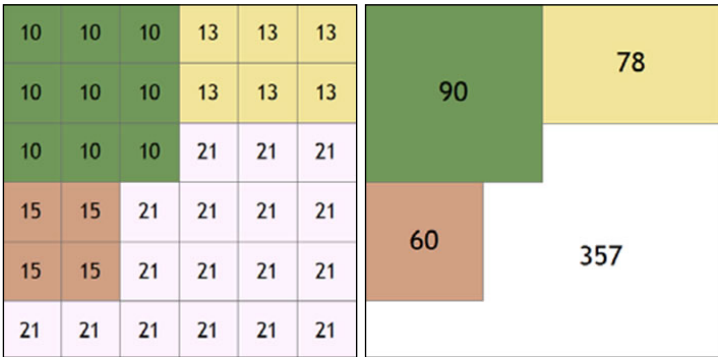
Este método permite desagregar espacialmente los datos de entrada almacenados en unidades discretas a partir de métodos geoestadísticos, a la vez que posibilita modelizar las distribuciones al interior de cada unidad censal y eliminar las artificiales transiciones abruptas entre ellas. Implica dos grandes fases (Linares, 2012):

1. Desagregación de datos almacenados

en unidades geográficas discretas a expresión geográfica continua mediante mapas raster de densidad. Los valores se distribuirán equitativamente en cada unidad censal hasta alcanzar el total de los individuos del grupo en cuestión sin discriminar diferencias en su interior (Figura 1).

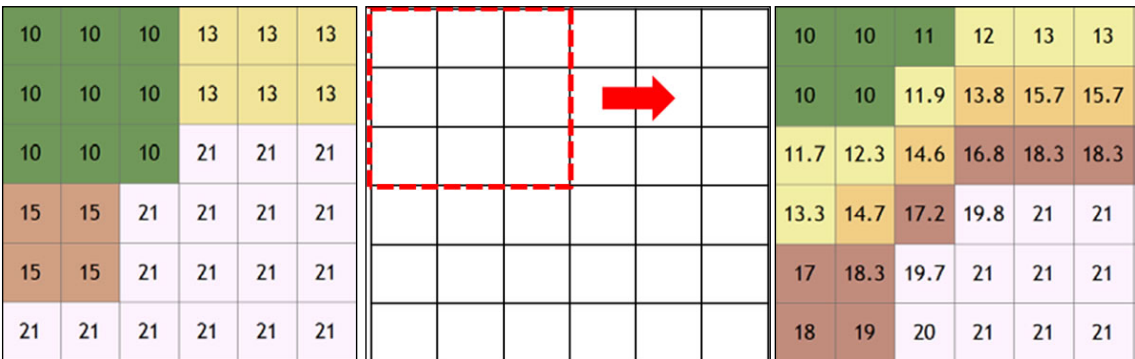
2. Modelización de las distribuciones al interior de cada unidad censal para eliminar las artificiales transiciones abruptas entre ellas. Ello requiere el uso de funciones focales y ventanas móviles, respetando a su vez la condición «piconofiláctica» o de conservación del volumen de población en cada uno de los radios de partida (Figura 2).

Figura 1. Interpolación piconofiláctica suavizada. Fase 1

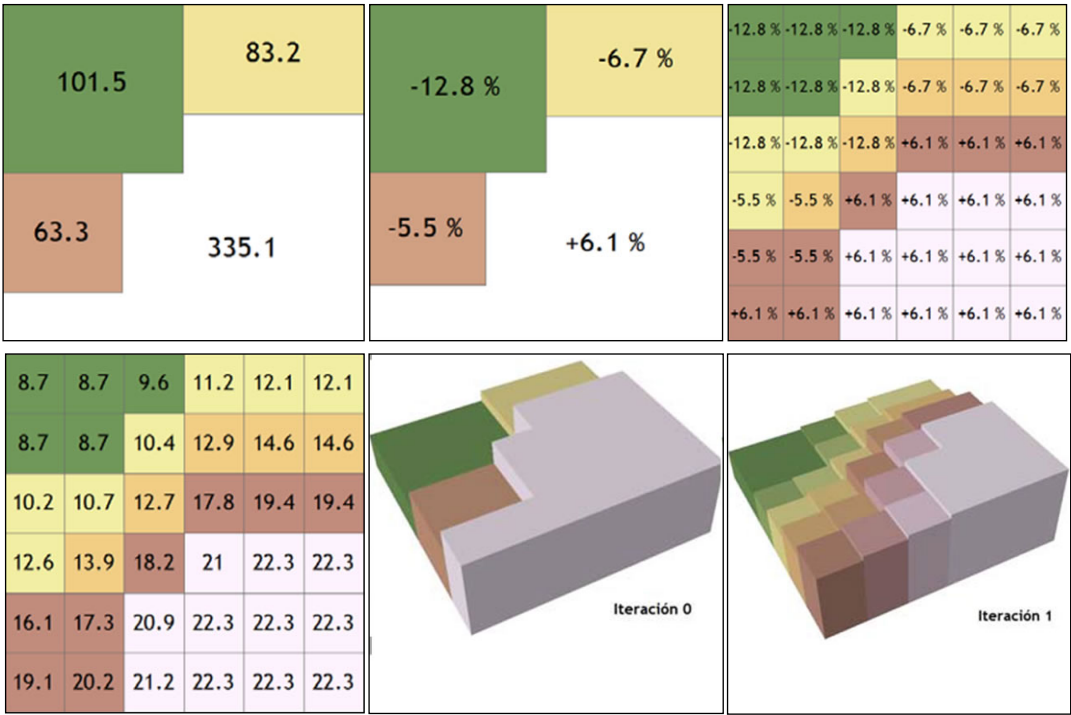


Fuente: Linares (2012)

Figura 2. Interpolación piconofiláctica suavizada. Fase 2







Fuente: Linares (2012)

B) MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DASIMÉTRICA

En principio, este método surge a fin de mejorar la fiabilidad de la representación de los datos espaciales, creando variables limitativas que anulen la información allí donde no hay una relación estrecha con el dato a representar.

Fue descripto y denominado por primera vez como *dasymetric* en la década de 1920 por el cartógrafo ruso Tian-Shansky, a través del desarrollo de un mapa de densidad poblacional de la Rusia Europea publicado en versión a escala 1:420000 (Preobrazenski, 1954 en Bielecka, 2005). Sin embargo, la publicación quizás más citada sobre el método dasimétrico pertenece al cartógrafo Wright quién popularizó el término hacia 1936, estableciendo 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. En este caso el autor utilizó información topográfica como los

datos auxiliares que le permitieron definir los parámetros binarios requeridos.

Si bien el método dasimétrico ha estado disponible por muchas décadas, carece aún de una metodología estandarizada. Conceptualmente se lo 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 et al., 2007).

De todos modos, los profundos avances en sistemas de información geográfica, así

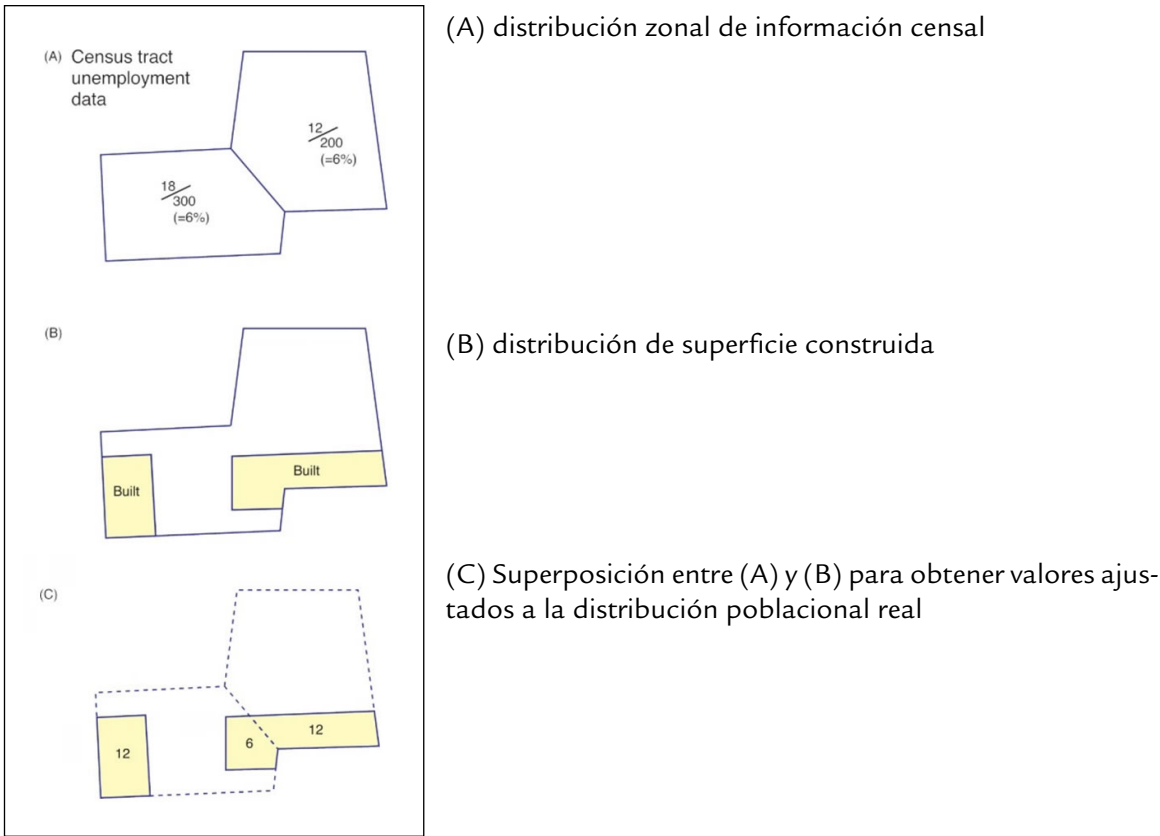
como la creciente disponibilidad de conjuntos de datos digitales, han potenciado el concepto de mapeo dasimétrico. Resulta ineludible señalar la revitalización que significó en este sentido la publicación “Generating and mapping population density surfaces within a Geographical Information System” (Langford y Unwin, 1994), en la cual se desarrolla un análisis exhaustivo de cómo un mapa de coropletas puede enmascarar la realidad de la distribución poblacional, para luego generar una representación dasimétrica utilizando información teledetectada para identificar áreas edificadas.

Como dijimos, el método de asignación dasimétrica utiliza información auxiliar para generar parámetros utilizados en la interpolación areal, manteniendo al mismo tiempo las propiedades del volumen de preservación. Por tanto, la efectividad de la

desagregación-interpolación tiene una correlación directa con la calidad y precisión de los datos auxiliares (Sleeter y Gould, 2008). La técnica más sencilla utilizando datos relativos a usos del suelo es la que propone una división binaria en la cual se clasifica como “poblada” o “despoblada” para luego asignar los datos poblacionales redistribuyéndolos proporcionalmente entre las zonas “pobladas” (Wright, 1936; Langford y Unwin, 1994). Otros métodos más complejos implican ponderaciones entre los usos del suelo (Spiekermann y Wegener, 2000; Gallego y Peedell, 2001; Santos Preciado y García Lázaro, 2003; Mennis y Hultgren, 2006; entre otros).

En la Figura 3 se grafican esquemáticamente las fases de la modelización de una distribución espacial en una zona urbana usando mapeo dasimétrico.

Figura 3. Distribución dasimétrica



Fuente: Longley, Goodchild, Maguire y Rhind (2013)

La ejecución de ambas metodologías para la ciudad de Tandil, pretende ser aplicada para desagregar el dato “Total de Hogares” almacenado originalmente en Radios Censales (INDEC, 2010) y reasignarlo a entidades espaciales más pequeñas, en este caso a los polígonos de manzanas del entramado urbano. Tal reagrupación de datos se centró en la zona norte de Tandil, a fin de cotejar los valores obtenidos con una base de datos perteneciente al sistema de monitoreo de condiciones de vida denominado CBMS (Community-Based Monitoring System)<sup>[1]</sup>, relevada a partir de una encuesta exhaustiva realizada en dicho sector de la ciudad, la cual arrojó 2.230 hogares.

A partir de los resultados obtenidos se pretende realizar un análisis comparativo de las estadísticas descriptivas y emitir cierto diagnóstico de validación con respecto a la información obtenida mediante el relevamiento en el terreno.

El objetivo entonces es analizar el grado de fiabilidad de los resultados de una y otra metodología a fin de conocer la utilidad de cada una en estudios de la dinámica poblacional en espacios urbanos.

## RESULTADOS

Dentro de las herramientas de análisis espacial disponibles que permiten ejecutar el método de interpolación picnofiláctica suavizada, empleamos la aplicación SpatialSeg desarrollada por Graham y O’Sullivan (2007), compatible con ArcGIS 9.3, la cual puede descargarse gratuitamente desde el sitio web del *Population Research Institute (Pennsylvania State University)* o a través

del siguiente enlace: [Descargar](#).

Esta aplicación requirió definir los parámetros de desagregación espacial de los datos de entrada (Figura 4), donde en principio se debe optar por un método de suavizado (*Smoothing*) especificando la opción picnofiláctica (*Pycnophylactic*) que aplicará el método descrito anteriormente. Es un proceso que se realiza de manera iterativa, alternándose las operaciones de suavizado con la introducción de correcciones que garanticen el cumplimiento de las condiciones anteriores, deteniendo el mismo al alcanzar una superficie que presente una variación mínima entre las celdas en todas las direcciones (matemáticamente, se obtiene buscando una superficie que haga mínima la suma de los cuadrados de las derivadas parciales en todos los puntos).

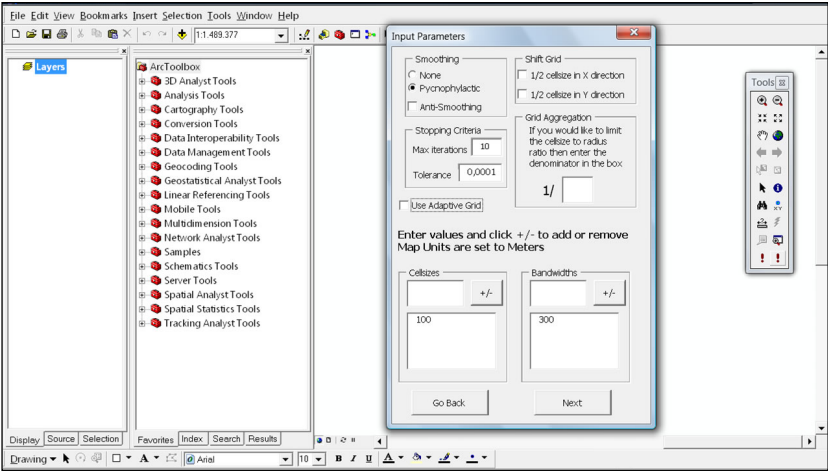
Es necesario indicar otros criterios, como la cantidad máxima de iteraciones y la tolerancia de cambio. El primero indica el número máximo de interacciones posibles, que al alcanzarlo detendrá automáticamente el proceso de suavizado, por su parte, la tolerancia se utiliza para establecer el valor de cambio mínimo significativo entre cada iteración, que, en caso de no cumplir con esta condición, se detendrá el proceso y se considera que los datos se encuentran suficientemente suavizados.

Finalmente en este paso es donde se establece el tamaño de celda de la capa raster resultante (nueva unidad espacial) y el radio utilizado para definir el entorno local (ventana móvil) a emplear para el suavizado. Para este ejemplo se emplea un tamaño de celda de salida de 100 metros por 100 metros y un radio de 300 metros.

Una vez obtenida la desagregación espacial de los datos censales del Total de Hogares a una unidad de resolución de 100 metros por 100 metros, fue necesario para finalizar el procedimiento el uso de operaciones zonales para transferir los datos de hogares a la capa de manzanas del área urbana seleccionada (Figura 5).

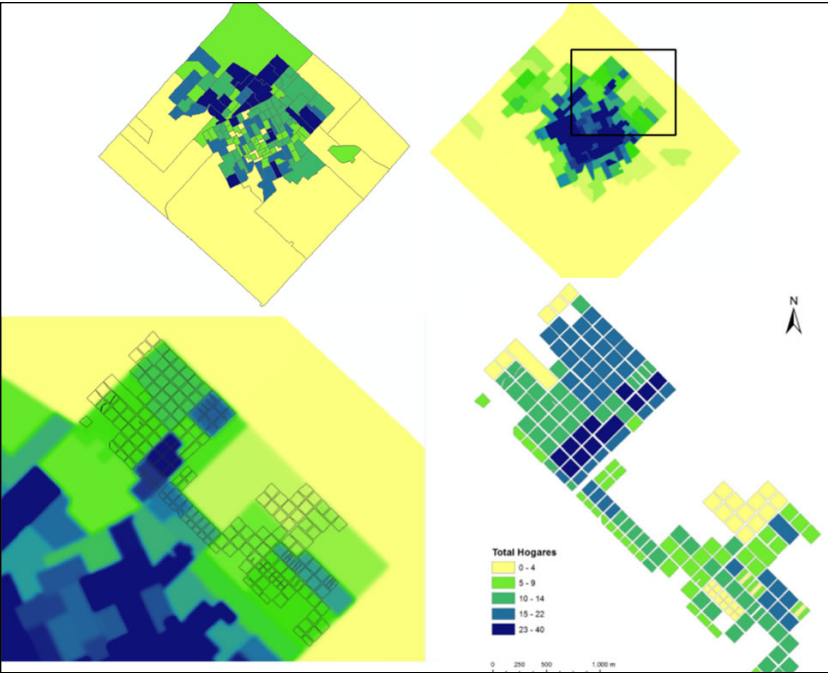
[1] Proyecto realizado por el Instituto de Economía, perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, y financiado por la red PEP (Poverty and Economic Policy), un organismo que incentiva estudios de Pobreza y Política Económica en distintos países, y el Municipio de Tandil. Comprendió tres barrios de la zona norte de la ciudad: San Cayetano, Selvetti-Palermo y Villa Aguirre. El proyecto comenzó en diciembre de 2011 y constó de diversas etapas, concluyendo en junio de 2012.

Figura 4. Parámetros de desagregación espacial de datos censales (Total Hogares) en SpatialSeg empleando método de interpolación picnofiláctica suavizada



Fuente: elaboración personal

Figura 5. Transferencia de datos censales (Total Hogares) de radios a manzanas, Tandil 2010



Fuente: elaboración personal

En cuanto al desarrollo del método de desagregación a partir de distribución dasimétrica, se requirió contar con datos auxiliares respecto a las zonas edificadas. Para tal fin se trabajó con información teledetectada a partir de una imagen satelital LandSat5, que nos permite analizar datos obtenidos en 2011, logrando así la mayor coincidencia posible respecto a los perío-

dos del relevamiento de los datos censales del INDEC a distribuir, y de la base CBMS con la que se cotejarán los resultados. Con la intención de crear un *shapefile* de polígonos que represente la superficie construida coincidente con los Radios Censales donde se almacenan los datos iniciales, se ejecutó una extracción por máscara para recortar el área de interés. Luego se reali-

zó una clasificación no supervisada en 50 clases a fin de identificar de forma manual las clases que correspondían a las zonas de interés, para finalmente extraerlas y transformarlas en polígonos, según se muestra en la Figura 6.

Una vez obtenida la zona poblada, se procedió a aplicar la metodología de desagregación espacial de datos por mapeo dasimétrico. Primeramente, se realizó una unión espacial entre los polígonos edificados y los radios censales por medio de una intersección, después se calculó la superficie por polígono y se creó un resumen de información para obtener la sumatoria de las superficies edificadas por radio censal. Luego, se ejecutó una nueva intersección con los polígonos de las manzanas del entramado urbano hacia donde se pretenden reagrupar los datos seleccionados, para 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

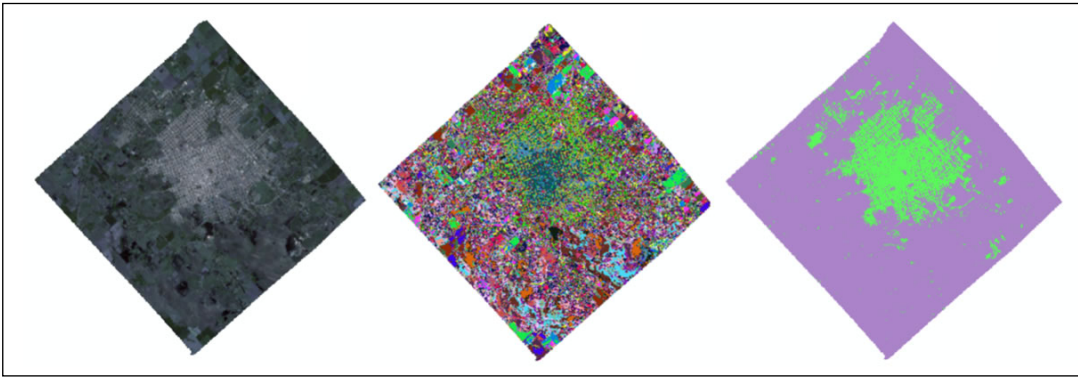
- $A_{\bar{p}}$  Área del polígono con superficie construida
- $\sum_{p \in R} A_p$  Suma de todas áreas de los polígonos que pertenecen al mismo Radio censal

Finalmente, se disolvieron las entidades correspondientes a cada manzana sumando los valores de hogares desagregados obteniendo como resultado la distribución que se muestra en la Figura 7.

A partir de las metodologías aplicadas, fue posible disponer de los tres escenarios sobre la distribución de los hogares por manzanas en el área de estudio (Figura 8), necesarios para realizar un análisis de validación entre lo resultante por los dos métodos y los datos disponibles por el relevamiento de campo. A modo de primera interpretación visual de la cartografía temática, podríamos decir que el método picnofiláctico tiende a desagregar los hogares sobre todas las manzana en el área de estudio, siguiendo un gradiente o patrón continuo y sin discriminar vacíos urbanos, fragmentos urbanos o transiciones abruptas de densidades de edificación, mientras tanto, el método dasimétrico, muestra una irregularidad comparativamente mayor en la desagregación que el método anterior entre manzana y manzana, asemejándose a la morfología que se presenta en la realidad.

Figura 6. Obtención de zonas edificadas a partir de Imagen Satelital LandSat5, Tandil

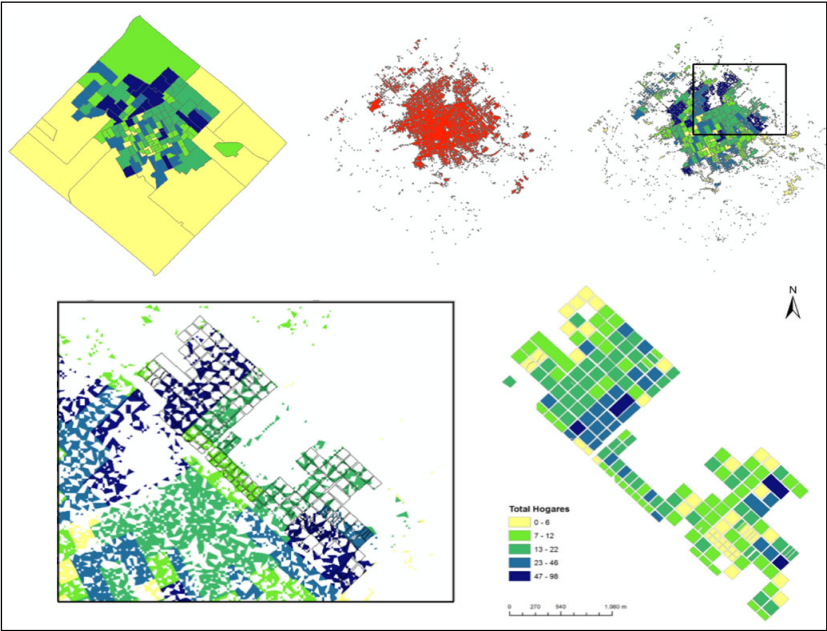
(1) Imagen Satelital      (2) Clasificación No Supervisada      (3) Reclasificación



Fuente: elaboración personal

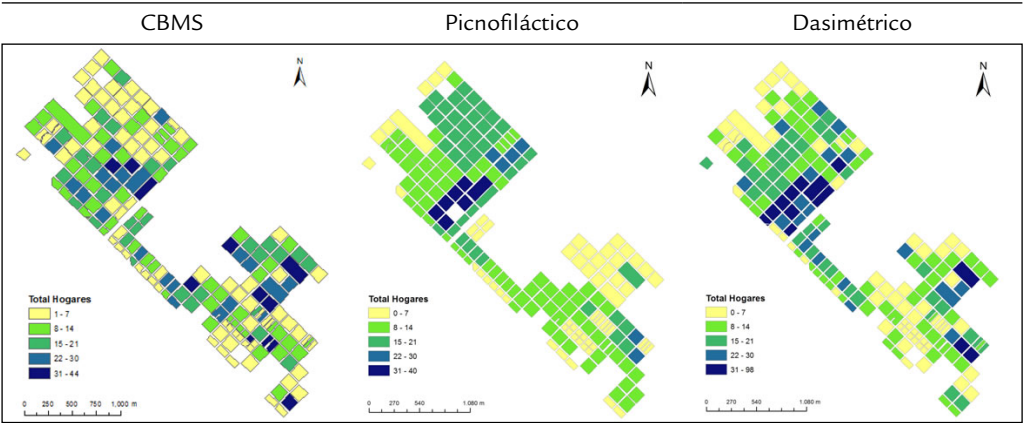


Figura 7. Desagregación espacial de datos censales (Total Hogares) Tandil 2010. Método de distribución dasimétrica



Fuente: elaboración personal

Figura 8. Total Hogares por manzana según CBMS, método Pícnofiláctico y método Dasimétrico. Barrios Villa Aguirre, San Cayetano, Palermo y Rodríguez-Selvetti, Tandil 2010



Fuente: elaboración personal

En términos cuantitativos, el tipo de análisis podríamos desagregarlo en dos grupos, uno global que compara la cantidad de hogares asignada al área de estudio según cada método y su aproximación a la realidad y, uno local que focalice en cuál fue el método que mejor representa la distribución y variación espacial de los hogares hacia el interior del área de estudio.

En cuanto a los resultados globales, y como era de esperar, el método que mejor representó la realidad fue el de la interpolación pícnofiláctica suavizada (cumpliendo la condición de preservación del volumen en las unidades censales originales), asignando a las manzanas seleccionadas un total de 2.155 hogares, es decir, 75 menos que lo relevado en el trabajo de campo

(2.230), esto representa un 3,36% de error en la asignación. Mientras que por el método de distribución dasimétrica, existió una sobre estimación de los hogares en el área de estudio de 2.526, más de 294 hogares que los relevados en terreno, incrementando a un 13,18% el error de asignación.

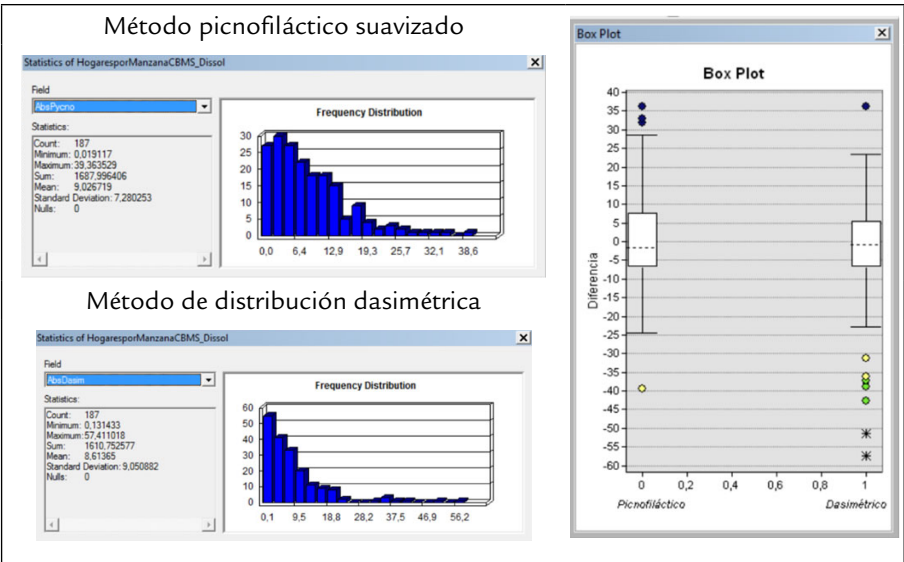
Para realizar un análisis local de la distribución de los hogares en cada una de las manzanas seleccionadas en el área de estudio, fue necesario calcular la diferencia en números absolutos entre lo arrojado por ambos métodos y los datos reales del CBMS por manzana. Las estadísticas descriptivas como los gráficos de histogramas y gráfico Box Plot nos permiten conocer y analizar las diferencias entre los datos desagregados y reales (Figura 9).

Se visualiza que las diferencias extremas (valores atípicos) por medio del método picnofiláctico suavizado son significativamente menores que aquellas mediante el método por distribución dasimétrica, lo cual explica la mayor aproximación del análisis global y el menor valor del desvío estándar en la Figura 8. Sin embargo, al observar el histograma, es significativa la proporción

de manzanas con diferencias nulas o muy bajas en la asignación mediante el método por distribución dasimétrica, con resultados iguales o cercanos a los de la base CBMS. Esto explica que, finalmente, a pesar de los valores extremos del método dasimétrico, la diferencia media de 8,6 hogares por manzana en las estadísticas, sea sensiblemente mejor que el método picnofiláctico.

Queda comprobado que, como todo método de suavización, las diferencias al interior del área de estudio aplicando el método picnofiláctico nunca serán extremas, aunque siempre constantes, y difícilmente podrán obtenerse resultados más ajustados a la realidad de los aquí observados. Por otra parte, la evidencia de mayor cantidad de manzanas con altísima precisión en la desagregación mediante el método dasimétrico, hace pensar que este método posee una gran potencialidad para mejorar sus resultados si se trabaja con mayor dedicación con el método de clasificación de uso del suelo de base, sobre el cual se realiza el ajuste dasimétrico, minimizando la superficie de áreas a las cuales no les correspondería ninguna asignación de datos.

Figura 9. Histogramas y gráfico Box Plot comparativo



Fuente: elaboración personal

## CONCLUSIONES

En términos generales podemos concluir que las técnicas de desagregación implementadas han mostrado una aceptable utilidad práctica, un error o diferencia de asignación de  $\pm 9$  hogares por manzana resultará tolerable para la mayoría de los trabajos de investigación que requieran una mayor resolución espacial en estudios urbanos.

Particularmente, el método de desagregación probabilística con datos auxiliares o de distribución dasimétrica demostró una sensible ventaja con respecto al picnofiláctico en el análisis local y una mayor potencialidad para mejorar los resultados obtenidos en este trabajo, sobre todo, si se realiza una mejor y mayor implementación de los datos auxiliares existentes en la ac-

tualidad, como el uso de imágenes satelitales de mayor resolución espacial, mejores métodos de clasificación o el uso de cartografía catastral.

No obstante, para alcanzar un juicio de valor más consistente, sería óptimo realizar el mismo ejercicio comparativo sobre distintas áreas urbanas, o mejor aún, sobre distintas áreas urbanas de diferentes ciudades.

Como fue enunciado en la introducción del trabajo, estos métodos son unos de los más implementados en los estudios urbanos que requieran de la desagregación de datos censales, pero no son los únicos, por lo cual, surge de este trabajo un nuevo desafío a futuro, el de incorporar a la evaluación comparada otra serie de métodos, como por ejemplo los de Langford y Unwin (1994), Spikermann y Wegener (2000), Braken y Martin (1989) o Santos Preciado (2015).

## BIBLIOGRAFÍA

- BIELECKA, E. (2005). A Dasymetric Population Density Map of Poland. *International Cartographic Conference*. A Coruña, July 9-15.
- BRACKEN, J. & MARTIN, D. (1989). The generation of spatial population distribution from census centroid data. *Environment and Planning*, (21), 537-543.
- GALLEGO, J. & PEEDELL, S. (2001). Using CORINE Land cover to map population density. *Towards agri-environmental indicators*. EEA Topic report, (6), 94-105.
- GRAHAM, S. & O'SULLIVAN. (2007). *A Brief Guide to Running the SpatialSeg Program in ArcGIS 9.2*. Measuring Spatial Segregation Project. National Science Foundation. Penn University.
- HOLLOWAY, S.; SCHUMACHER J. & REDMOND, R. (1997). Dasymetric Mapping Using Arc/Info. *Cartographic Design Using ArcView and Arc/Info* Missoula. People & Place. University of Montana, Wildlife Spatial Analysis Lab.
- LANGFORD M. & UNWIN D. J. (1994). Generating and mapping population density surface within a geographical information system. *The Cartographic Journal* 31, 21-26.
- LINARES, S. (2012). Dificultades metodológicas al medir la segregación: el problema del tablero de ajedrez y de la unidad espacial modificable. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). Año 4 (4), Sección II, 10-22. Disponible en: [www.gesig-proeg.com.ar](http://www.gesig-proeg.com.ar).
- MENNIS, J. & HULTGREN, T. (2006). Intelligent Dasymetric Mapping and Its Application to Areal Interpolation. *Cartography and Geographic Information Science*, 33 (3), 179-194.
- SANTOS PRECIADO, J. M. Y GARCÍA LÁZARO, F. J. (2003). El método dasimétrico - picnofiláctico: Un procedimiento para la desagregación de datos censales. *IX Conferencia Iberoamericana de SIG*. Cáceres: Editorial Universidad de Cáceres.
- SANTOS PRECIADO, J. M.; AZCÁRATE LUXÁN, M. V.; COCERO MATESANZ, D.; GARCÍA LÁZARO, F. J. Y MUGURUZA CAÑAS, C. (2011). Los procedi-



- mientos de desagregación espacial de la población y su aplicación al análisis del modelo de la ciudad dispersa. El caso de las aglomeraciones urbanas de Madrid y Granada. *Geofocus* (Revista Internacional de Ciencia y Tecnología, pp. 91-117.
- SANTOS PRECIADO, J. M.; AZCÁRATE LUXÁN, M. V.; COCERO MATESANZ, D.; GARCÍA LÁZARO, F. J. Y MUGURUZA CAÑAS, C. (2012). *Análisis detallado del crecimiento urbano mediante Tecnologías de la Información Geográfica (TIG)*, (pp. 51-88). Madrid: Ed. Rama, Madrid.
- 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*, LXXXV, 1 (278), 309-333.
- SLEETER, R. & GOULD, M. (2008). *Geographic Information System Software to Remodel Population Data Using Dasymetric Mapping Methods*—U.S. Geological Survey Techniques and Methods 11-C2, 15 pp.
- SPIEKERMANN, K. & WEGENER, M. (2000). Freedom from the tyranny of zones: Towards new GIS-based spatial models. En S. Fotheringham & M. Wegener (Eds.) *Spatial Models and GIS*, (pp.45-61). Londres, Taylor & Francis.
- TOBLER, W. (1979). Smooth Pycnophylactic Interpolation for Geographical Regions. *Journal of the American Statistical Association*, 74 (367), 519-530.
- WRIGHT, J. K. (1936). A method of mapping densities of population with Cape Cod as an example. *Geographical Review* 26, 103-110.