



## Geo-Segregation Analyzer: una herramienta para el análisis de la segregación residencial

Philippe Apparicio<sup>1</sup>  
Joan Carles Martori<sup>2</sup>  
[martori@uvic.cat](mailto:martori@uvic.cat)  
Éric Fournier<sup>3</sup>

### Universidad:

<sup>1</sup> Institut national de la recherche scientifique, Centre Urbanisation Culture et Société, Montréal (Canada)

<sup>2</sup> Universitat de Vic, Barcelona, (España)

<sup>3</sup> Université du Québec à Montréal (Canada)

**Área Temática:** Econometría espacial y métodos de análisis regional

**Resumen:** Los índices de segregación residencial son un método de análisis utilizado cada vez más en estudios urbanos. La utilidad de la técnica es relevante ya que esta aproximación permite: 1) clasificar y comparar la distribución, dentro de una misma área metropolitana, de grupos de población que presentan diferentes orígenes étnicos, lugares de nacimiento, lengua materna, formas de visibilidad o niveles de renta, 2) comparar los resultados para diferentes ciudades, y 3) realizar análisis en diferentes momentos del tiempo. Sin embargo, sin herramientas de cálculo, obtener los índices de segregación se puede convertir en un proceso largo y complicado.

El objetivo de esta comunicación es presentar un software libre que permite el cálculo de cuarenta índices de segregación residencial con los datos o ciudad que se desee. Desarrollada en JAVA, *Geo-Segregation Analyzer* es una aplicación multiplataforma y multilingüe: se ejecuta en Windows, Linux y Mac OS X, y está disponible en diez idiomas (Español, Catalán, Inglés, Francés, Alemán, Italiano, Portugués, Creole, Vietnamita y, Chino).



Específicamente, con *Geo-Segregation Analyzer*, es posible leer y visualizar los capas *Shapefiles* en una o más vistas y calcular: 19 índices de un grupo; 10 índices de dos grupos; 8 índices multigrupo; el coeficiente de localización; el Índice de diversidad; y la tipología de Poulsen et al. (2001, 2002).

**Palabras Clave:** segregación residencial, software libre, índices.

**Clasificación JEL:** C80, C88, J10



## INTRODUCCIÓN

Actualmente los índices de segregación residencial son una técnica bien conocida y son utilizados cada vez más en estudios urbanos [1-4] y estudios de la salud [4-10]. Este hecho no es en absoluto sorprendente ya que esta aproximación permite : 1) clasificar y comparar la distribución, dentro de una misma área metropolitana, de grupos de población que presentan diferentes orígenes étnicos, lugares de nacimiento, lengua materna, formas de visibilidad o niveles de renta, 2) comparar los resultados para diferentes ciudades, y 3) realizar análisis en diferentes momentos del tiempo [11].

Por ejemplo, Apparicio *et al.* [1] analizan la distribución espacial de los inmigrantes en Montréal en 2001, las empleadas son 1) periodo de la emigración, 2-3) región y país de nacimiento, 4) el origen étnico, 5) la pertenencia a una minoría visible y 6) la religión. Martori et Apparicio [3] hacen un ejercicio similar para analizar la evolución de la población inmigrante en Barcelona en el período (2001-2008).

En ciencias de la salud la utilización de índices de este tipo es más reciente. Se usan en la evaluación de las relaciones entre nivel de segregación y desigualdades en salud; mortalidad, sobrepeso/obesidad, hipertensión, utilización de los servicios de salud o el consumo de tabaco. [4-10].

Sin embargo, sin herramientas de cálculo, obtener los índices de segregación se puede convertir en un proceso largo y complicado. En este sentido Reardon and O'Sullivan [12] apuntan que no existen herramientas informáticas para el cálculo. Como primera aproximación, en 2008, Apparicio et al. [11] desarrollan un aplicación en C#.Net llamada *Segregation Analyzer* que permite en un proceso rápido el cálculo de 42 índices de segregación con independencia de los datos o al territorio que se aplique. Esta aplicación ha sido usada en diversos trabajos [p.e.1-3, 13, 14, 15].

Recientemente, se ha decidido migrar esta aplicación a lenguaje JAVA. Llamado ahora *Geo-Segregation Analyzer*. Más fácil de usar, la aplicación es multiplataforma, multilingüe y personalizable. Por lo tanto, el objetivo de esta comunicación es



presentar un software libre que permite el cálculo de cuarenta índices de segregación residencial con los datos o ciudad que se desee.

En la siguiente sección se presenta una revisión de las nociones básicas sobre segregación residencial y el concepto de hipersegregación. En la sección dos se muestra como la aplicación puede ser muy útil para calcular los índices de segregación. Para acabar se hace una breve descripción de la aplicación.

## 1. LOS ÍNDICES DE SEGREGACIÓN RESIDENCIAL: UNA VISIÓN GENERAL

### 1.1. Las cinco dimensiones de la segregación residencial

En un artículo seminal sobre los índices de segregación residencial, Massey y Denton (1988) los clasifican en cinco dimensiones diferentes: igualdad, exposición, concentración, agrupamiento y centralización (Tabla 1).

**Tabla 1.** Las cinco dimensiones de la segregación residencial

Dimensión	Descripción
Igualdad	La igualdad se refiere a la distribución uniforme de uno o más grupos de población en las unidades espaciales de un área metropolitana (por ejemplo secciones censales). Los índices de igualdad miden si un grupo está sub o sobre representado en las unidades espaciales del área metropolitana. Cuanto más desigual sea la distribución de un grupo de población, más segregado está.
Exposición	La exposición es el grado de contacto potencial entre miembros de un mismo grupo (intragrupa) o entre miembros de grupos diferentes (intergrupa) que se da en las unidades espaciales analizadas. Este grupo de índices mide la probabilidad que individuos de un grupo se encuentre con miembros de su grupo (aislamiento) o de otro grupo (interacción).
Concentración	La concentración hace referencia al espacio ocupado por un grupo de población. Cuanto menos espacio se ocupa más concentrado está el grupo. Siguiendo a Massey y Denton [16], las minorías segregadas ocupan una pequeña área del espacio urbano.
Agrupamiento	Este grupo de índices mide el agrupamiento. Cuantas más unidades espaciales



contiguas ocupe un grupo de población – llegando a formar un enclave dentro de la ciudad- más agrupado está el grupo y en consecuencia también más segregado según esta dimensión.

**Centralización** Finalmente, los índices de centralización miden el grado en que un determinado grupo se localiza cerca o en el mismo centro del área metropolitana. Cuantos más miembros de un grupo de población se localicen en el centro de la ciudad, más centralizado y por lo tanto más segregado.

---

Adaptado de Martori y Apparicio [3].

Para cada dimensión, normalmente se distinguen tres tipos de índices:

- Índices de un grupo, miden la distribución de un determinado grupo de población respecto a la población total;
- Índices de dos grupos, comparan la distribución de un determinado grupo de población con la de otro grupo;
- Índices multigrupo, analizan simultáneamente la distribución de varios grupos.

Además, también es posible representar cartográficamente otros índices, concretamente:

- El cociente de localización, es útil para identificar unidades espaciales en un área metropolitana que, o bien están subrepresentadas ( $LQ < 1$ ) o por el contrario están sobrerrepresentadas ( $LQ > 1$ );
- La entropía o índice de diversidad se utiliza para detectar unidades espaciales completamente homogéneas (donde residen individuos de un solo grupo,  $H2 = 0$ ) o unidades espaciales con diversidad máxima (todos los grupos de población tienen igual tamaño,  $H2 = 1$ );
- La tipología propuesta por Poulsen *et al.* [17, 18] que clasifica las unidades espaciales de un área metropolitana en seis categorías basadas en el porcentaje de minorías étnicas y población autóctona.

## 1.2. El concepto de hipersegregación

Como presenta Apparicio *et al.* [11], en la literatura estadounidense, hay una clara razón implícita en utilizar cinco dimensiones: determinar si la minoría afroamericana forma guetos. Siguiendo esta aproximación un gueto viene caracterizado por:





- 1) Un lugar donde reside la mayor parte de la minoría (distribución desigual)
- 2) Una superficie homogénea habitada por la minoría (aislamiento alto)
- 3) Una parte pequeña de la superficie donde la densidad es de las más altas del área analizada (alta concentración)
- 4) Ser un enclave, una zona formada por secciones censales vecinas (agrupamiento alto)
- 5) Un área localizada en el centro de la ciudad (centralización alta)

En el trabajo de Massey y Denton (1988) se presenta evidencia empírica para las minorías hispana y afroamericana en 60 áreas metropolitanas de EEUU. Además se presenta el concepto de hipersegregación como aquella situación donde se dan altos niveles de segregación en las cinco dimensiones [19].

## 2. Las razones para el diseño de una nueva aplicación para calcular los índices de segregación

### 2.1. Las aplicaciones previas

Durante la última década, se han desarrollado varias aplicaciones para el cálculo de los índices de segregación residencial. Excepto Segregation Analyzer desarrollado en C#, la aplicaciones están integradas en Sistemas de Información Geográfica (SIG); ArcInfo y SPlus utilizan desarrollos en Arc Macro Language (AML) [20], en ArcView en Avenue[20, 21], MapInfo con MapBasic o un paquete estadístico como Stata [22]. El uso de estas herramientas no es sencillo y se requieren conocimientos de SIG y de paquetes estadísticos. Dos limitaciones que han que han tenido como consecuencia un reducido acceso a los índices de segregación

Por otro lado, el desarrollo de una aplicación independiente no siempre es fácil, ya que requiere escribir un código para la lectura, la escritura y la visualización de los archivos geográficos como los *shapefiles*. En la tabla 3 presentamos las aplicaciones previas:

**Tabla 3.** Aplicaciones previas para calcular índices de segregación residencial



Nombre	Año	Lenguaje	Integrado en	Autores	Índices
--	1998	AML and Splus	ArcInfo 7	Wong & Chong [23]	4
--	2000	MapBasic	MapInfo	Apparicio [24]	7
Seg	2002		Stata	Reardon [22]	24
--	2003	Avenue	ArcView 3.2	Wong [21]	10
Segregation Analyzer	2008	C#	Aplicación autónoma	Apparicio et al. [11]	42

## 2.2. Criterios para el desarrollo de una nueva aplicación

Los criterios que se han tenido en cuenta antes del desarrollo de la aplicación han sido tres:

- 1) Una aplicación autónoma no integrada en un programa de SIG (ArcGis, MapInfo, Quantum GIS y otros), o en un programa estadístico (R,SAS, Stata).
- 2) Una aplicación fácil de usar, incluso para investigadores que no conocen la técnica.
- 3) Que permita futuros desarrollos.

En cuanto al segundo criterio se han establecido algunas condiciones:

- 1) Una aplicación gratuita.
- 2) Fácil de instalar en cualquier sistema operativo (Windows, Linux y Mac)
- 3) Una aplicación que lea y trabaje fácilmente archivos *Shapefile*.
- 4) Un entorno amigable.
- 5) Multilingüe.

Para facilitar el desarrollo, se ha utilizado una biblioteca que proporciona herramientas para datos de SIG y el código fuente es público y por tanto abierto a nuevos desarrollos.



### 3. Descripción del *GEO-SEGREGATION ANALYZER*

#### 3.1. Lenguaje de programación y librería usada: JAVA y GeoTools

Para desarrollar la aplicación se disponía de varias opciones. Sin embargo, que cumpliera las condiciones de ser una librería abierta para la lectura, manipulación y visualización de archivos geográficos y se puede integrar en varios lenguajes de programación como Java, C #. NET, Python, Perl o Ruby. De hecho, varias utilidades de la aplicación requieren cálculo de parámetros geométricos como el centro de gravedad, el perímetro, el área de cada unidad espacial y diversos formatos de la matriz de contactos y la distancia.

Actualmente, hay dos librerías de código abierto que permiten este tipo de trabajo en archivos geográficos: el GDAL / OGR (*Geospatial Data Abstraction Library*)<sup>1</sup> y GeoTools biblioteca de Java desarrollada<sup>2</sup> por el OGC (*Open Geospatial Consortium*)<sup>3</sup>. Se escogió GeoTools, ya que la biblioteca es más completa y la rutinas en su mayoría están escritas en JAVA. Se asegura así que la aplicación es multiplataforma.

#### 3.2. Los índices implementados

En total, 42 índices se han implementados en *Geo-Segregation Analyzer*: 19 índices de un grupo, 10 índices de dos grupos, 8 índices multigrupo, el coeficiente de localización, el Índice de diversidad y la tipología de Poulsen et al. [17, 18] (Tabla 3).

**Tabla 3.** Índices implementados en *Geo-Segregation Analyzer*

Dimensión	Nombre	Abreviatura	Valores
<b>Índices de un grupo</b>			
Igualdad	1. Índice de segregación	IS	[0,1]
	2. Índice de segregación ajustado por la contigüidad	IS(adj)	[0,1]
	3. Índice de segregación ajustado por la longitud de la frontera	IS(w)	[0,1]
	4. Índice de segregación ajustado por la longitud de la frontera y la relación perímetro/superficie	IS(s)	[0,1]

<sup>1</sup> <http://gdal.gloobe.org/>

<sup>2</sup> Para una descripción completa de la librería, <http://www.geotools.org/>

<sup>3</sup> <http://www.osgeo.org/>





Dimensión	Nombre	Abreviatura	Valores
	5. Índice de entropía	H	[0,1]
	6. Índice de Gini	G	[0,1]
	7. Índice de Atkinson con $b=0.1$	A(0.1)	[0,1]
	8. Índice de Atkinson con $b=0.5$	A(0.5)	[0,1]
	9. Índice de Atkinson con $b=0.9$	A(0.9)	[0,1]
Exposición	10. Índice de aislamiento	xPx	[0,1]
	11. Índice de aislamiento corregido	$\text{Eta}^2$	[0,1]
Concentración	12. Índice Delta	DEL	[0,1]
	13. Índice de concentración absoluta	ACO	[0,1]
Clustering	14. Índice de agrupamiento absoluto	ACL	[0,1]
	15. Proximidad media entre miembros del grupo X	Pxx	[0,∞]
	16. Proximidad media entre miembros del grupo X ( $\exp d_{ij}$ )	Pxx Exp( $d_{ij}$ )	[0,∞]
	17. Índice de aislamiento con distancia decreciente	DPxx	[0,1]
Centralización	18. Proporción del grupo en el centro de la ciudad	PCC	[0,1]
	19. Índice de centralización absoluta	ACE	[-1,1]
<b>Índices de dos grupos</b>			
Igualdad	20. Índice de disimilitud	ID	[0,1]
	21. Índice de la elipse	S	[0,1]
Exposición	22. Índice de interacción	xPy	[0,1]
Concentración	23. Índice de concentración relativa	RCO	[-1,1]
Agrupamiento	24. Proximidad media entre los miembros del grupo X y los miembros del grupo Y	Pxy	[0,∞]
	25. Proximidad media entre los miembros del grupo X y los miembros del grupo Y ( $\exp d_{ij}$ )	Pxy Exp( $d_{ij}$ )	[0,∞]
	26. Índice de proximidad espacial	SP	[0,1]
	27. Índice de agrupamiento relativo	RCL	[-,∞,∞]
	28. Índice de interacción con distancia decreciente	DPxy	[0,1]
Centralización	29. Índice de centralización relativa	RCE	[-1,1]
<b>Índices multigrupo</b>			
Igualdad	30. Índice de disimilitud multigrupo	D	[0,1]
	31. Índice de Gini multigrupo	G	[0,1]
	32. Índice de información (índice de entropía)	H	[0,1]
	33. Índice de la elipse multigrupo	S	[0,1]
	34. Coeficiente de variación multigrupo al cuadrado	C	[0,1]
	35. Versión espacial del índice de disimilitud multigrupo	SD	[0,1]



Dimensión	Nombre	Abreviatura	Valores
Exposición	36. Índice de interacción normalizado	P	[0,1]
	37. Índice de diversidad relativa	R	[0,1]
<b>Índices locales</b>			
	38. Coeficiente de localización	QL	[0,∞]
	39. Índice de diversidad	H2	[0,1]
	40. Tipología de Poulsen <i>et al.</i>	Poulsen	[1,6]

Adaptato de Massey y Denton [16], Apparicio[24], Reardon y Firebaugh [25] y Apparicio et al.[11].



### 3.3. El interfaz de *Geo-Segregation Analyzer*

Desarrollado en Java, *Geo-Segregation Analyzer* es un software de código abierto con licencia GNU LGPL<sup>4</sup>. La aplicación es multiplataforma, multilingüe y personalizable. Se ejecuta en Windows, Linux y Mac OS X; y está disponible en diez idiomas: Español, Catalán, Inglés, Francés, Alemán, Italiano, Portugués, Creole, Vietnamita, Chino (figura 1). La documentación de ayuda se puede consultar en seis lenguas: Inglés, Francés, Español, Alemán, Portugués y Italiano.

Si el usuario lo desea, hay la posibilidad de cambiar el aspecto de la interfaz gráfica: Metal, Nimbus, CDE/Motif, Windows, Windows Classic (figura 2). Además, *Geo-Segregation Analyzer* permite la lectura de los archivos *Shapefiles* (formato de datos geospaciales) y de visualizar las capas *Shapefiles* en una o más vistas organizadas como *Tabs* en un Navegador web (figura 3).

Estas diferentes características hacen que la gestión de la información sea muy intuitiva. También permiten que las funciones de navegación propias de un SIG estén disponibles en *Geo-Segregation Analyzer*. Así, se pueden unir diferentes archivos en una misma vista y se puede navegar fácilmente sobre los mapas zoom +, zoom -, desplazar el centro del mapa, vista completa, visualización anterior y posterior, identificación del entidad espacial). Finalmente, también hay la posibilidad de guardar un proyecto (un archivo de texto con la extensión *sat*) en el que se recoge los nombres de las diferentes vistas, los nombres de las capas cargadas en cada vista y las propiedades de cada capa (nombre y ubicación, visibilidad). Este funcionalidad es similar a la de un documento *Mxd* in ArcMap.

---

<sup>4</sup> <http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/lgpl-2.1.html>

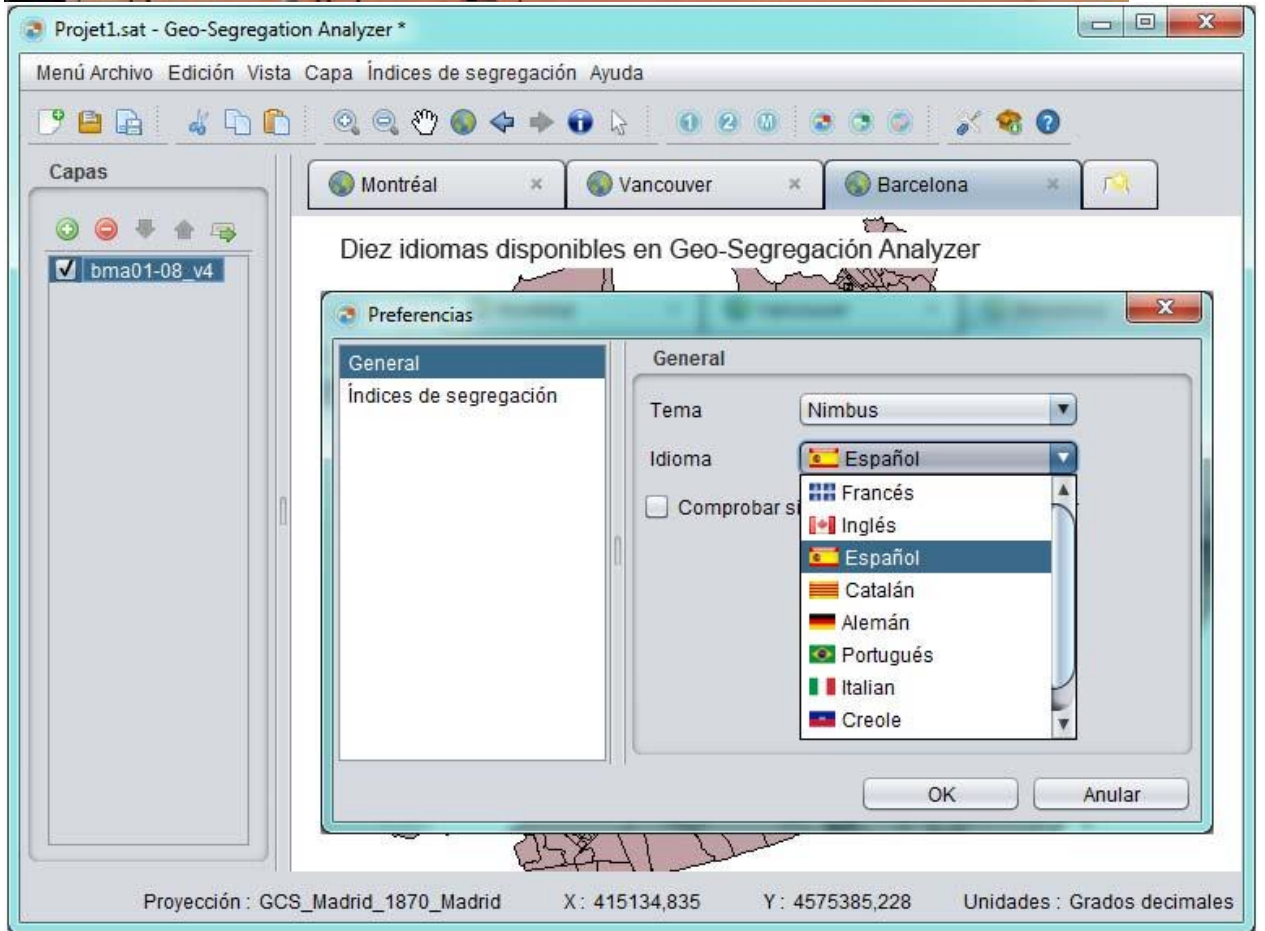


Figura 1. Una aplicación multilingüe

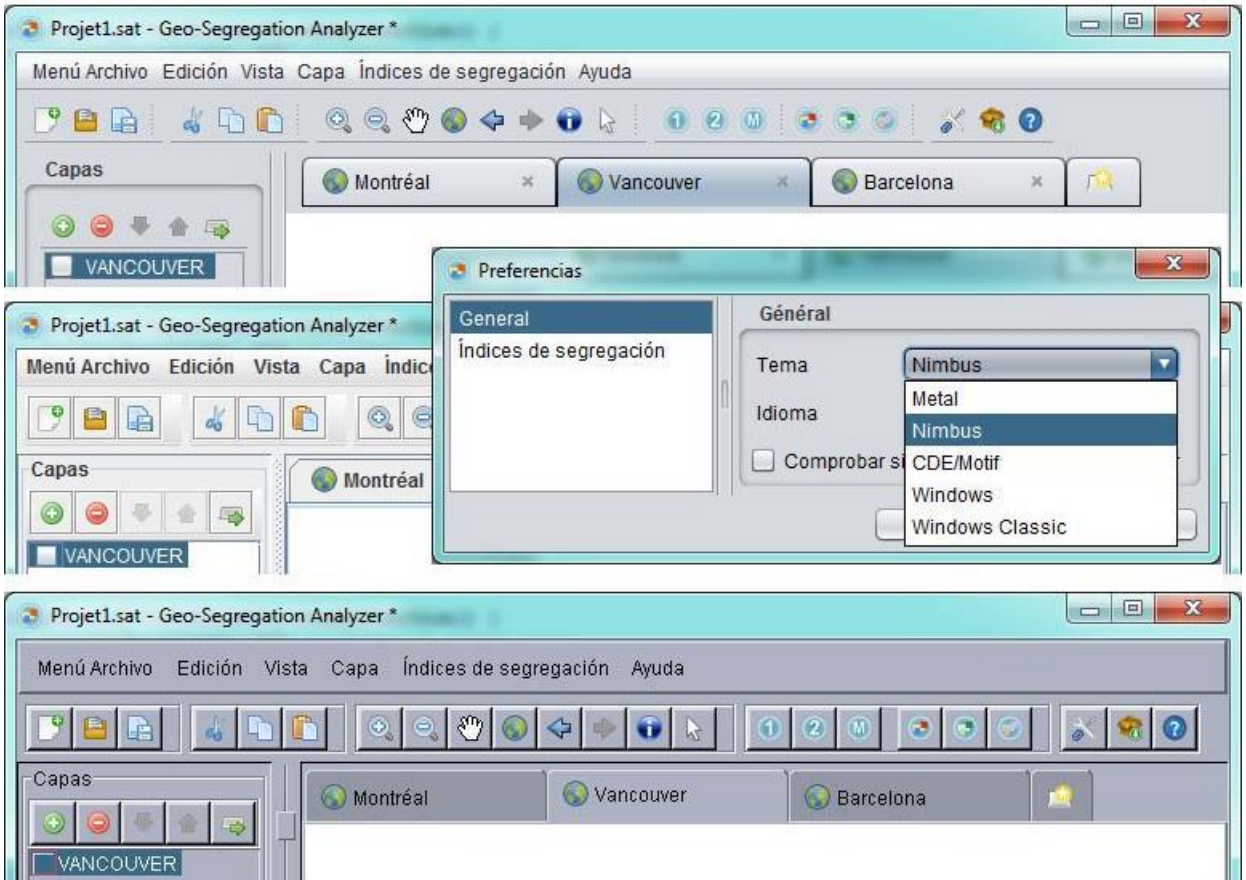
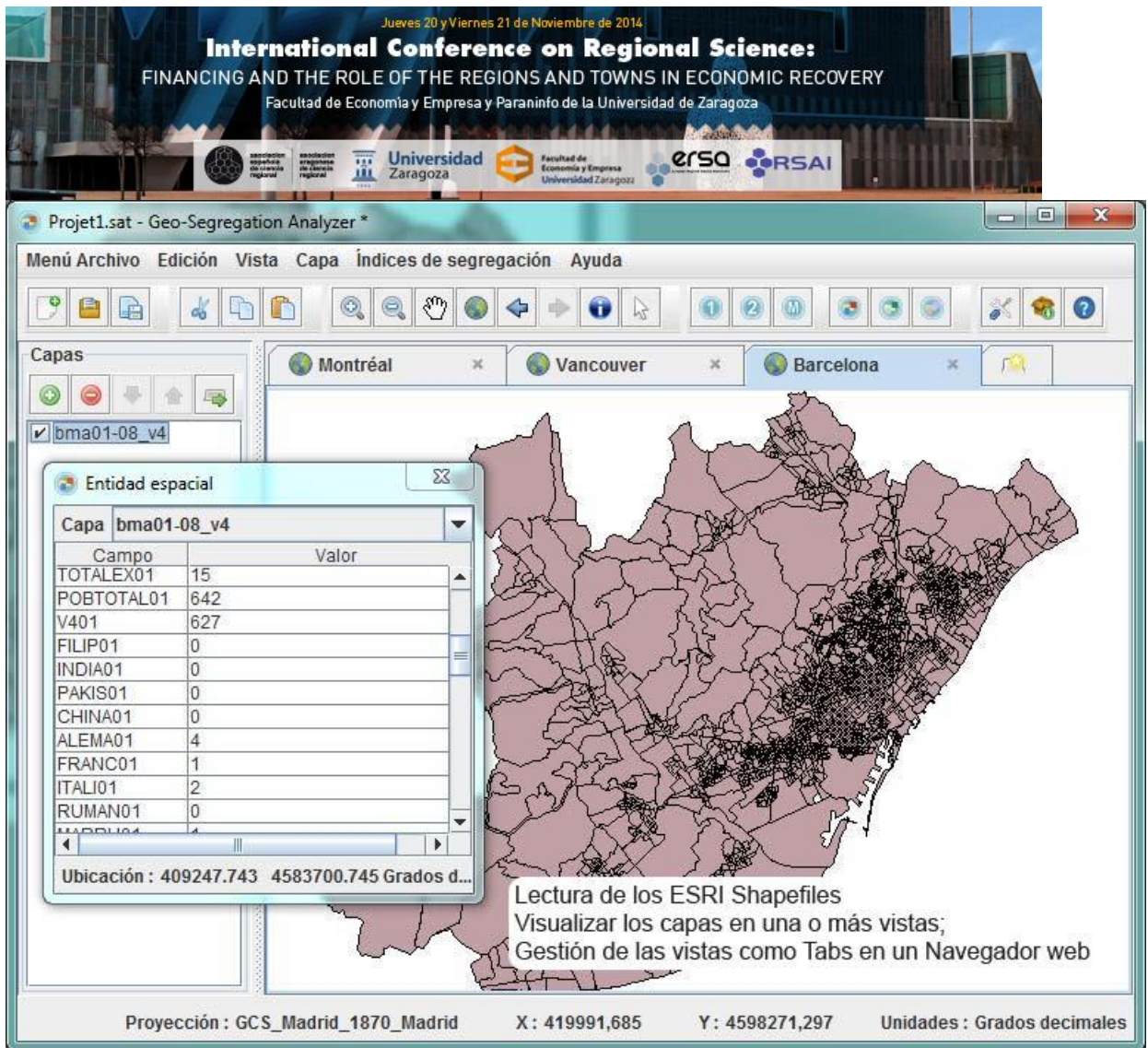


Figura 2. Una aplicación personalizable





**Figura 3.**Ejemplo de vista (AMB)

Para calcular los índices de segregación implementados en la aplicación se debe tener una capa *shapefile* en los que los polígonos representen unidades espaciales urbanas (por ejemplo, distritos, secciones censales, cuadras, etc.). En esta capa deben estar disponibles los siguientes campos:

- Un campo **numérico (números, no porcentajes)** con la población total del área ;
- varios campos **numéricos (números, no porcentajes)** con la población de los diferentes grupos de población (étnicos o sociales);
- Un campo **binario o numérico** para identificar el centro de la ciudad (1= Centro de la ciudad; 0= Otro caso). Este campo es necesario para calcular los índices relacionados con la dimensión de la centralización.



Después, se deben especificar los siguientes parámetros en el cuadro de dialogo del *Geo-Segregation Analyzer* (figura 4):

1. La capa *Shapefile*;
2. El campo para la población total;
3. Los diferentes campos para los grupos de población étnicos, sociales o de otro tipo;
4. Los tipos de índices de segregación (un grupo, dos grupos, multigrupo coeficiente de localización, índice de entropía, tipología de Poulsen *et al.*);
5. El campo que identifica las unidades espaciales que pertenecen al centro de la ciudad (cuando el valor es 1) para el cálculo de los índices de centralización;
6. Para el cálculo del índice  $IS(adj)$ , se debe especificar el tipo de matriz de contigüidad. Según sea tipo reina o tipo torre;
7. Especificar si las coordenadas son cartesianas (x, y) o esféricas (latitud, longitud);
8. Haga clic sobre el botón calcular para iniciar los cálculos;
9. Visualizar los valores de los diferentes índices en la ventana de resultados.

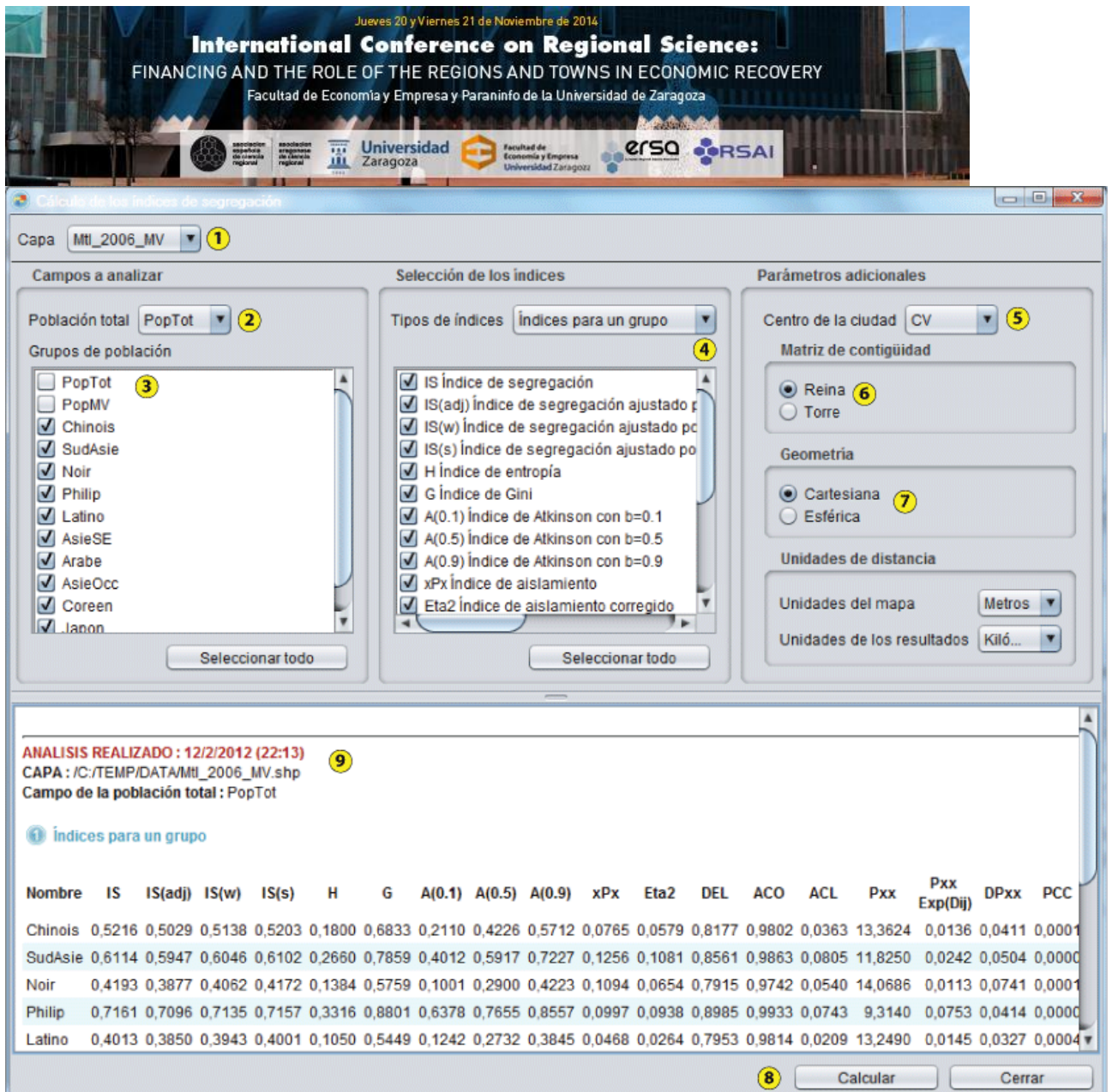


Figura 4. Cuadro de diálogo para calcular los índices

## CONCLUSIÓN

La aplicación *Geo-Segregation Analyzer* abre nuevas vías para el estudio de la segregación. Por un lado, es una aplicación multiplataforma y multilingüe con un interfaz muy amigable organizado como pestañas en un navegador web, además es fácil de instalar y utilizar. Además, permite el cálculo de 42 índices de segregación, la mayoría no disponibles en otras aplicaciones. A pesar de este hecho, están previstas varias mejoras en futuras versiones. En primer lugar, se espera que la implementación de nuevos índices de segregación que se proponen en la una nueva literatura sobre este





tema. En segundo lugar, esperamos que el desarrollo de una interfaz de usuario para el procesamiento mediante el uso de la clase ColorBrewer. [26].

Para acabar, reseñar que la aplicación funciona como “mini-SIG” ya que es posible leer, manipular y visualizar ficheros *shapefiles*. Esta utilidad permitirá el desarrollo de futuros módulos de análisis espacial dedicados a la autocorrelación espacial, el análisis de redes, las medidas de accesibilidad y la estimación de modelos de econometría espacial (GWR, Spatial Lag y Error, o Spatial Durbin model).

## REFERENCIAS

- 1 Apparicio P, Leloup X, Rivet P: La diversité montréalaise à l'épreuve de la ségrégation : pluralisme et insertion résidentielle des immigrants. *Revue de l'intégration et de la migration internationale / Journal of International Migration and Integration*. 2007;**8**: 63-87.
- 2 Leloup X, Apparicio P, Delavar Esfahani F: Ethnicity and Homeownership in Montréal, Toronto and Vancouver: Measuring Effects of the Spatial Distribution of Ethnic Groups Using Multilevel Modeling in 1996 and 2001. *Journal of International Migration and Integration*. 2011;**12**: 429-51.
- 3 Martori JC, Apparicio P: Changes in spatial patterns of the immigrant population of a southern european metropolis: The case of the barcelona metropolitan area (2001-2008). *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*. 2011;**102**: 562-81.
- 4 Romero H, Vásquez A, Fuentes C, Salgado M, Schmidt A, Banzhaf E: Assessing urban environmental segregation (UES). the case of Santiago de Chile. *Ecological Indicators*. 2012;**23**: 76-87.
- 5 Grady S, Darden J: Spatial Methods to Study Local Racial Residential Segregation and Infant Health in Detroit, Michigan. *Annals of the Association of American Geographers*. 2012;**102**: 922-31.
- 6 Greer S, Casper M, Kramer M, Schwartz G, Hallisey E, Holt J, Clarkson L, Zhou Y, Freymann G: Racial residential segregation and stroke mortality in Atlanta. *Ethnicity and Disease*. 2011;**21**: 437-43.



- 7 Kramer MR, Cooper HL, Drews-Botsch CD, Waller LA, Hogue CR: Metropolitan isolation segregation and Black-White disparities in very preterm birth: A test of mediating pathways and variance explained. *Social Science and Medicine*. 2010;**71**: 2108-16.
- 8 Moon G, Pearce J, Barnett R: Smoking, Ethnic Residential Segregation, and Ethnic Diversity: A Spatio-temporal Analysis. *Annals of the Association of American Geographers*. 2012;**102**: 912-21.
- 9 Russell EF, Kramer MR, Cooper HLF, Gabram-Mendola S, Senior-Crosby D, Arriola KRJ: Metropolitan area racial residential segregation, neighborhood racial composition, and breast cancer mortality. *Cancer Causes and Control*. 2012;**23**: 1519-27.
- 10 Domínguez-Cortinas G, Cifuentes E, Escobar ER, Martínez FDB: Assessment of Environmental Health Children's Population Living in Environmental Injustice Scenarios. *Journal of Community Health*. 2012: 1-9.
- 11 Apparicio P, Petkevitch V, Charron M: Segregation Analyzer: A C#.Net application for calculating residential segregation indices. *CyberGeo*. 2008;**2008**.
- 12 Reardon SF, O'Sullivan D: Measures of spatial segregation. *Sociological Methodology*. 2004;**34**: 121-62.
- 13 Ades J, Apparicio P, Séguin AM: Are new patterns of low-income distribution emerging in Canadian metropolitan areas? *The Canadian Geographer / le géographe canadien*. 2012;**56**: 339-61.
- 14 Rojas Quezada C, Salado García MJ, Pino Vilalta J, Martori JC: Medidas para la valoración de la sostenibilidad de los territorios metropolitanos: aplicación al área metropolitana de concepción (Chile). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 2011;**55**: 81-99.
- 15 Guillermo Aguilar A, Pablo M: Diferenciación sociodemográfica del espacio urbano de la Ciudad de México. *EURE (Santiago)*. 2011;**37**: 5-30.
- 16 Massey DS, Denton NA: The dimensions of residential segregation. *Social Forces*. 1988;**67**: 281-315.





- 17 Poulsen M, Johnson R, Forrest J: Plural cities and ethnic enclaves: Introducing a measurement procedure for comparative study. *International Journal of Urban and Regional Research*. 2002;**26**: 229-43.
- 18 Poulsen M, Johnston R, Forrest J: Intraurban ethnic enclaves: introducing a knowledge-based classification method. *Environ Plann A*. 2001;**33**: 2071-82.
- 19 Massey DS, Denton NA: Hypersegregation in U.S. Metropolitan Areas: Black and Hispanic Segregation Along Five Dimensions. *Demography*. 1989;**26**: 373-91.
- 20 Wong D: Enhancing segregation studies using GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*. 1996;**20**: 99-109.
- 21 Wong DWS: Implementing spatial segregation measures in GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2003;**27**: 53-70.
- 22 Reardon SF: SEG: Stata module to compute multiple-group diversity and segregation indices. 2002.
- 23 Wong DWS, Wing KC: Using spatial segregation measures in GIS and statistical modeling packages. *Urban Geography*. 1998;**19**: 477-85.
- 24 Apparicio P: Residential segregation indices: A tool integrated into a geographical information system. *Les indices de ségrégation résidentielle: Un outil intégré dans un système d'information géographique*. 2000;**2000**.
- 25 Reardon SF, Firebaugh G: Measures of multigroup segregation. *Sociological Methodology*. 2002;**32**: 33-67.
- 26 Brewer CA: <http://www.ColorBrewer.org>. 2012. (Last accessed 07-09-2012).