

Evaluación multicriterio/multiobjetivo aplicada a datos sobre educación: una primera aproximación

Jorge Joo Nagata
Voltaire Alvarado Peterson

RESUMEN

La integración de las técnicas de *Evaluación Multicriterio* (EMC) y *Evaluación Multiobjetivo* (EMO) con herramientas de análisis estadístico y los *Sistemas de Información Geográfica* (SIG), constituyen una poderosa metodología para abordar diversas variables de la dimensión territorial en Educación, desde nuevas perspectivas y dimensiones. El objetivo de este trabajo es realizar una primera revisión teórica sobre la metodología EMC/EMO para los usos y definiciones en el ámbito de los estudios sobre Educación, con el fin de determinar acciones y políticas que puedan ser representativas, los más adecuadamente, de la realidad territorial en que se desenvuelven. También se presentó a modo de ejemplo, el desarrollo metodológico de un modelo de EMC/EMO con variables educativas y los posibles alcances.

Palabras clave: Evaluación Multicriterio (EMC), Evaluación Multiobjetivo (EMO), Sistemas de Información Geográfica (SIG), Análisis Estadístico, Educación

Multi-Criteria Evaluation/Multiobjective Evaluation applied to data on education: a first approach.

Integrating Multi-Criteria Evaluation techniques (MCE) and Multiobjective Evaluation (MOE) with statistical analysis tools and Geographic Information Systems (GIS) are a powerful methodology to address various variables of the territorial dimension in Education, from new perspectives and dimensions. The aim of this paper is a first review the methodology theoretical MCE/MOE for the uses and definitions in the field of Education studies, to identify actions and policies that can be representative, most appropriately, to the territorial reality in which they live. Also presented as an example, the methodological development of a model of MCE/MOE with educational variables and possible outcomes.

Keywords: Multi-Criteria Evaluation (MCE), Multiobjective Evaluation (MOE), Geographic Information Systems (GIS), Statistical Analysis, Education

Fecha de recepción: 06 de junio de 2013

Fecha de aceptación: 30 de junio de 2013

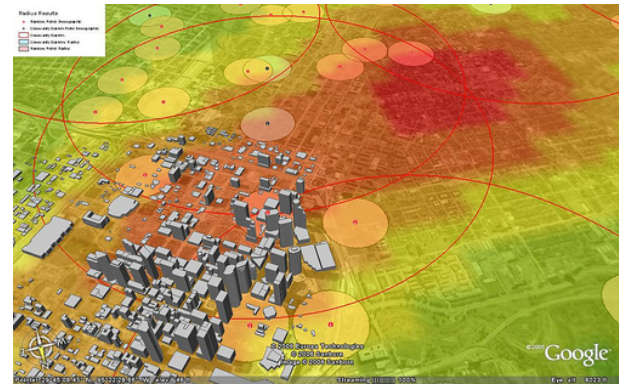
INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las investigaciones cuantitativas en Educación, y su cruce con metodologías de cuantificación e intervención espacial, han generado un interesante campo de estudio relacionando ambas dimensiones y obteniendo nuevas perspectivas de visualización de los fenómenos sociales. El aumento de la población mundial y, con ello, el incremento de la cobertura pública o privada en educación en todos los niveles, han establecido un nuevo camino para el desarrollo de modelos y métodos estadísticos aplicados a la relación entre el territorio y las dimensiones pedagógicas (Haberman & Sinharay, 2010; Kaplan & Elliott, 1997).

De esta manera se desarrollan nuevas herramientas y tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica -SIG- que permiten la visualización de los fenómenos que se dan sobre el territorio y posibilita el análisis de estos, a través del desarrollo estadístico generando nuevos elementos interpretativos (Bosque Sendra, 1988; ESRI España, 2012). Casi todos los fenómenos, sociales como naturales, eventos y de las Ciencias Humanas y Sociales se producen en un territorio determinado y pueden ser localizados mediante un sistema un sistema establecido de coordenadas sobre el espacio, además de mantener un marco temporal que los contextualiza. Es así que estas tecnologías de información SIG pueden mejorar notablemente la investigación científica en las disciplinas que modelan y explican importantemente los procesos mediante el desarrollo estadístico, permitiendo la visualización

de otras perspectivas y oportunidades de conocimiento, generando nuevas preguntas, aplicando otras metodologías de análisis y revelando nuevos datos (Bosque González, 2012).

Figura 1: Sistemas de información geográfica con datos de Educación

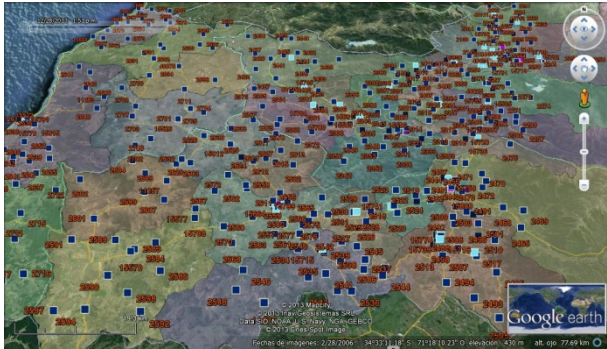


Fuente: GeoChalkboard, 2012.

Estas herramientas que dan una nueva visualización y contextualización a los datos estadísticos, donde es posible destacar estudios en materias de distribución espacial de resultados para pruebas estandarizadas, como el caso del instrumento Sistema de Medición de Calidad de la Educación SIMCE en Chile (Ministerio de Educación Chile, 2012), obteniendo la localización de las áreas críticas en dichos resultados. Además, las organizaciones mundiales han logrado, a través de indicadores como son el de *concentración de GINI*, determinar los territorios en donde las carencias en los sistemas educativos presentan una mayor intensidad, ya sea por la alta concentración o la *equidistribución* de ellos (Blalock, 1998; Ebdon, 1982). De esta manera, América Latina ha sido en los últimos años, un foco de especialización en este tipo de estudios, en los que se han implementado modelos estadísticos-territoriales, con metodologías cuantitativas desarrolladas con software como

gvSIG o ArcGISStatistical Analyst(Asociación gvSIG, 2011; Goodchild, 2007; Maguire, Batty, & Goodchild, 2005).

Figura 2: Localización de establecimientos educacionales en el territorio



Fuente: elaboración propia en base a datos Google Maps y Ministerio de Educación Chile, 2012.

Para estudios que reúnen múltiples variables, y donde la naturaleza de éstas es, por sí misma compleja, se han implementado modelos de evaluación *multicriterio - multiobjetivo* (EMC-EMO), en donde es posible estandarizar variables, a través de valores Z, transformando aptitudes y restricciones según sean las intenciones, modelos o proyecciones del estudio; convirtiendo a cada una de ellas en valores dicotómicos(Fan & Hancock, 2012). Esta metodología, que ha ingresado con mucha fuerza en el campo de los estudios sociales, particularmente en la determinación de usos del suelo urbano-rural, y ha sido implementada en otros software complementarios al SPSS como son las plataformas SIG en formato *raster*(Maguire et al., 2005; Santos Preciado & Cocero Matesanz, 2006).

En este trabajo, se exponen casos de aplicación de esta última metodología, sus limitaciones y garantías, además de las eventuales virtudes que podrían tener para estudios aplicados a

problemáticas en educación. La perspectiva propuesta pretende evidenciar metodologías estadísticas, asociadas a los estudios espaciales que, en la actualidad, gozan de alto prestigio y legitimación en el campo de las ciencias sociales.

Se excluirá, en este caso, el índice de concentración de GINI, puesto que su inclusión en estudios en el campo de la educación ha sido mucho más constante y su aceptación en el campo de la investigación científica, tiene ya una larga data. Por ello es que se propone la revisión de las posibilidades y limitaciones de las EMC - EMO que, si bien provienen desde las ciencias espaciales y ambientales, pueden incorporarse de buena forma al campo de la investigación en educación.

2. EVALUACIONES MULTICRITERIO-MULTIOBJETIVO: ESTANDARIZACIÓN DE VARIABLES DE DIVERSA NATURALEZA.

Ha sido materia de incorporación dentro de los estudios espaciales con variables educacionales, la evaluación multicriterio-multiobjetivo (EMC-EMO), especialmente en aquellos casos en donde las variables a estudiar son diversas, ya sea por su origen o características¹. Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en estudios socioambientales, en evaluación de riesgos naturales y en determinación de localización idónea para instalaciones de servicios(entre otras, aquellas que están vinculadas a la incorporación de servicios en educación). La forma en que opera es a través de la selección de objetivos que

¹ Normalmente en los datos sobre Educación se producen una serie de datos que son medidos en diferentes escalas y unidades, por lo que se hace necesario la incorporación de indicadores que permitan la utilización de dicha información en un contexto territorial.

agrupen las variables presentes de manera similar a una factorización de conjunto de datos. Para ello, las publicaciones científicas indican, de forma congruente y consistente, que los marcos teóricos que instrumentalicen la definición de los objetivos deben ser robustos, puesto que en ellos se sostiene la adecuada operación y entendimiento de los resultados en las unidades de análisis territoriales versus los educacionales (Ebdon, 1982; Haining, 2003).

El uso de la técnica EMC-EMO (Passuello, Cadiach, Perez, & Schuhmacher, 2012) requiere, a partir de su estructura, de la estandarización de las variables participantes en su utilización. Se emplea, para dichos fines, la puntuación o score z también conocida como unidad tipificada, en donde se utiliza la siguiente fórmula:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Dónde:

μ : corresponde a la media de los valores de la población;

σ corresponde a la desviación estándar de la población; y

x corresponde al valor que toma la observación.

Los valores z obtenidos "nos indica la dirección y el grado en que un valor individual obtenido se aleja de la media, en una escala de unidades de desviación estándar" (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010; Página 299). Esta metodología de normalización de variables, está científicamente respaldada, no sólo por publicaciones, sino que también por software estadísticos aplicados, en donde se le ha

incorporado como algoritmo y herramienta en procesos específicos, como es el caso del programa SPSS en todas sus versiones, de la compañía IBM (Muijs, 2004).

En un proceso inicial, se requiere de la definición de objetivos al utilizarla EMC-EMO en los diversos datos incorporados. Para estos fines, se hace necesario agrupar las variables en torno a los objetivos que han sido conceptualmente definidos a través de relaciones teóricas pero concretas que faciliten su claro entendimiento. Tal como se ha planteado anteriormente, estas variables requieren de una revisión profunda de elementos objetivos cuantificables y sus asociaciones subjetivas, como pueden ser el caso de los contextos socioeconómicos, históricos o ambientales del lugar en donde se realiza el estudio. También se debe incorporar las limitaciones jurídicas referidas particularmente a los límites administrativos definidos como área de estudio. Por último se debe velar por la viabilidad y sustentabilidad de la problemática a analizar y la posibilidad de acceder a un muestreo que sea representativo y válido no solo estadísticamente, sino que cumplan las normas éticas propias del trabajo con muestras sociales y humanas. Mediante el EMC-EMO y las variables planteadas se crea una metodología que permite la orientación en la toma de decisiones, por lo que requiere, además del levantamiento intrínseco de los objetivos, la sustentación de éstos, y su relación a sus alcances teóricos, prácticos y de sustentación en publicaciones científicas reconocidas.

Tipo de construcción de escuelas	Grado académico de los docentes
Material sólido (+)	Pregrado (+)
Material ligero(-)	Maestría (-)
Adobe (-)	Doctorado (-)
	Especialización o diploma superior (+)
Nivel socioeconómico de los estudiantes	Nivel educacional de los padres
Alto (-)	Primario (-)
Medio (+)	Secundario (+)
Bajo (-)	Técnico - universitario (+)

Tabla 1: Objetivos en el ámbito de la Educación abordado con metodología EMC-EMO.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1 se resume a modo de ejemplo, eventuales variable que podrían ser abordados con la metodología EMC-EMO. En cada una de las casillas, se indican las aptitudes y limitaciones asociadas a los objetivos, destacados según sea la intención del estudio a desarrollar.

Las variables que están indicadas con (+), responden a aptitudes dentro de los objetivos; mientras que las variables indicadas con (-), consideran a aquellas que serían restricciones dentro de cada objetivo. Los valores que se deben obtener de cada variable deben estar medidos en escalas ordinales, por intervalos o/y razón. A partir de la asignación de ponderaciones a cada uno de ellos, y la sumatoria de estas, se obtienen porcentajes de idoneidad y restricción para responder u orientar decisiones como las acciones a implementar planes de mejoras para la comprensión lectora; la selección de personal docente con especialización óptima para abordar dichos planes; o la distribución de los recursos destinados a la educación pública.

Este método, si bien representa una amplísima trayectoria en los estudios socioambientales, es posible de ser incorporado a los estudios en Educación, por su potencialidad en el cruce entre diversas variables, si se considera que no siempre el campo de cada una de las variables y su posible interacción se encuentra clara, o por las necesidades del investigador, o por el complejo ejercicio de toma de decisiones en escenarios multivariantes.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE VARIABLES EDUCATIVAS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Si bien la definición de objetivos, estandarización de variables y consideración de limitantes y restricciones se puede desarrollar en plataformas convencionales de administración de datos como MS-Excel, Google Docs o SPSS, la presentación territorial de esta información, con la aplicación de localización, distancia y georreferenciación, requiere de la utilización de plataformas SIG, las

que permiten la digitalización de la información en coordenadas X e Y. Para ilustrar la exposición del método presentado, se revisan las plataformas SPSS Statistics versión 20 de IBM y el ArcGIS versión 10.1, de la compañía ESRI.

A. ARCGIS: MÓDULO DE ANÁLISIS EMC - EMO EN LA VERSIÓN TAIGA.

El programa ArcGIS, en la mayoría de sus versiones, cuenta con un módulo de aplicación para EMC - EMO. Esta plataforma tiene su potencialidad de trabajo sobre valores que tienen un comportamiento matricial, por lo que es necesario definir el tamaño de la celda de exposición, según sea la escala del estudio². De esta manera se puede definir adecuadamente el área de estudio y acotarlo a las necesidades de la investigación.

Si se refiere a un análisis de factores que involucran la deserción de los estudiantes de

Objetivos	Ponderaciones asignadas
Conectividad vial	40% (0,4)
Materialidad de las edificaciones	40% (0,4)
Nivel educacional de los padres	20% (0,2)
	Σ = 100%

Tabla 2: ponderaciones de datos asignados. Fuente: Elaboración propia.

secundaria en un contexto determinado, es posible adquirir aquellas imágenes que cumplan con los requisitos escalares del estudio a realizar. En una primera aproximación existiría una

² La escala en este caso está definido por la razón que se presenta entre el territorio (realidad) y la representación que se hace con los valores presentes en el modelo informático.

correlación positiva entre rendimiento y coincidencia del hogar familiar con el lugar de estudio (Tejedor T., 2003).

El algoritmo establecido por esta plataforma permite, entre otras cosas, desarrollar una efectiva contrastación de ponderaciones en conflicto, según las variables indicadas en las necesidades de la investigación o levantamiento. El peso (o ponderación) asignado es el que determina la orientación de los resultados. Si la investigación requiere de parámetros objetivos para invertir en escuelas rurales, el peso debiera ser mayor hacia la conectividad vial y a la materialidad de las edificaciones, con el fin de orientar recursos hacia aquellas zonas carentes, por ejemplo. La tabla 2, permite orientar la forma en que se disponen dichas ponderaciones.

También se puede utilizar la fórmula del *Método de Sumatoria Lineal Ponderada*, la cual corresponde a una operación aritmética simple del tipo compensatorio aditivo normalizado (Henríquez R. & Quense A., 2009).

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$

Dónde:

- r_i : es la variable ponderada definida como objetivo.
- w_j : el peso del criterio o factor.
- v_{ij} : es el valor ponderado de la alternativa i en el criterio o factor j .

La disposición de los factores, en la aplicación de ArGIS, queda expuesta en la siguiente imagen. En

el caso de esta plataforma SIG, se aplica un algoritmo especial para las EMC - EMO, llamado MOLA (*multi-objective land allocation*), que ya considera una salida cartográfica a los datos ingresados.

Esta plataforma SIG tiene, por cierto, algunas complicaciones necesarias de destacar. En primer lugar, trabaja con capas *raster*, por lo que requiere información inicial muy específica, con el fin de utilizar el tamaño de celda necesario. Esta decisión le es propia al campo de la Geografía, puesto que se trata de la definición de la escala del estudio y la territorialidad de sus aplicaciones.

asociado a la investigación que, en la mayoría de los casos, encarece los presupuestos.

B. EVALUACIÓN MULTIOBJETIVO (EMO) CON LA PLATAFORMA ARCGIS.

Así como se estableció metodológicamente el desarrollo de una evaluación multicriterio que está pensado para un determinado tipo de información previamente normalizada, ArcGIS puede trabajar con capas con datos numéricos pero tienen una posición discreta en su estructura de datos, lo que se conoce como vectorial. Las capas vectoriales se componen de vectores, no de celdas como las anteriormente revisadas; y son

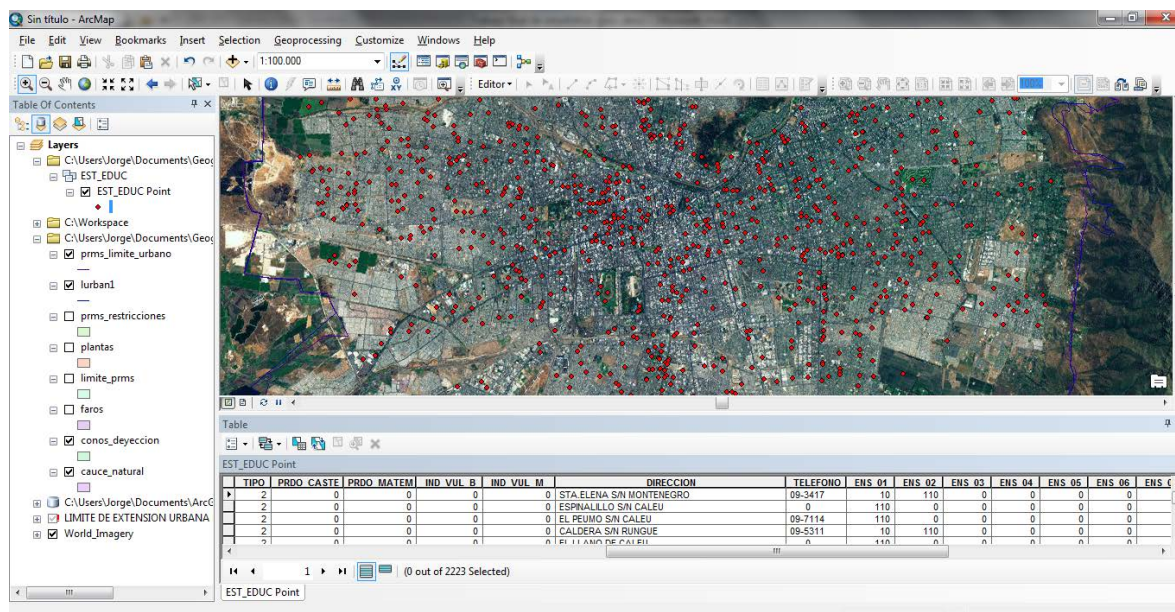


Figura 3: Localización de colegios y aplicación de EMC.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, involucra también una complicación, la adquisición de las imágenes satelitales. Aunque en los últimos años se ha avanzado en la liberación de imágenes en la red, no siempre ellas poseen las características requeridas para estudios específicos. Es un costo

más comunes, diversas y de bajo costo de almacenamiento por su discreción en la información. Así mismo posee algunas restricciones en su uso, especialmente con la cantidad de información que pueden llegar a cubrir estas capas.

El proceso de asignación de peso a cada uno de los objetivos, para aplicaciones en EMO, es muy similar al paso de definición EMC. Deben pasar las variables por la normalización que ofrece las puntuaciones z o algún tipo de factorización, para garantizar que los valores de las variables estén dentro de los rangos deseados, puedan ser comparables, y estén agrupados conceptualmente en cada uno de los objetivos definidos. La asignación de los pesos, según la relevancia de cada ponderación, sí debe ser realizada en una aplicación distinta a la exhibida en la plataforma original, de manera manual la que puede ser el programa SPSS para la normalización de los datos originales.

distribución de los objetivos en una capa georreferenciada (ver figura 5), y con un sistema de coordenadas determinado, según el tipo de proyección cartográfica establecida para este fin. Esto permite establecer cuáles son las zonas o territorios que deben ser abordados según los requerimientos consultados en el preprocesamiento de las variables (en el ejemplo se ve la cantidad de matrículas según establecimiento educacional).

Probablemente, el problema más complejo asociado a esta herramienta es el tamaño de las bases de datos y la densidad de cada uno de sus campos. Si bien las puntuaciones z permiten concentrar, siempre y cuando el marco conceptual

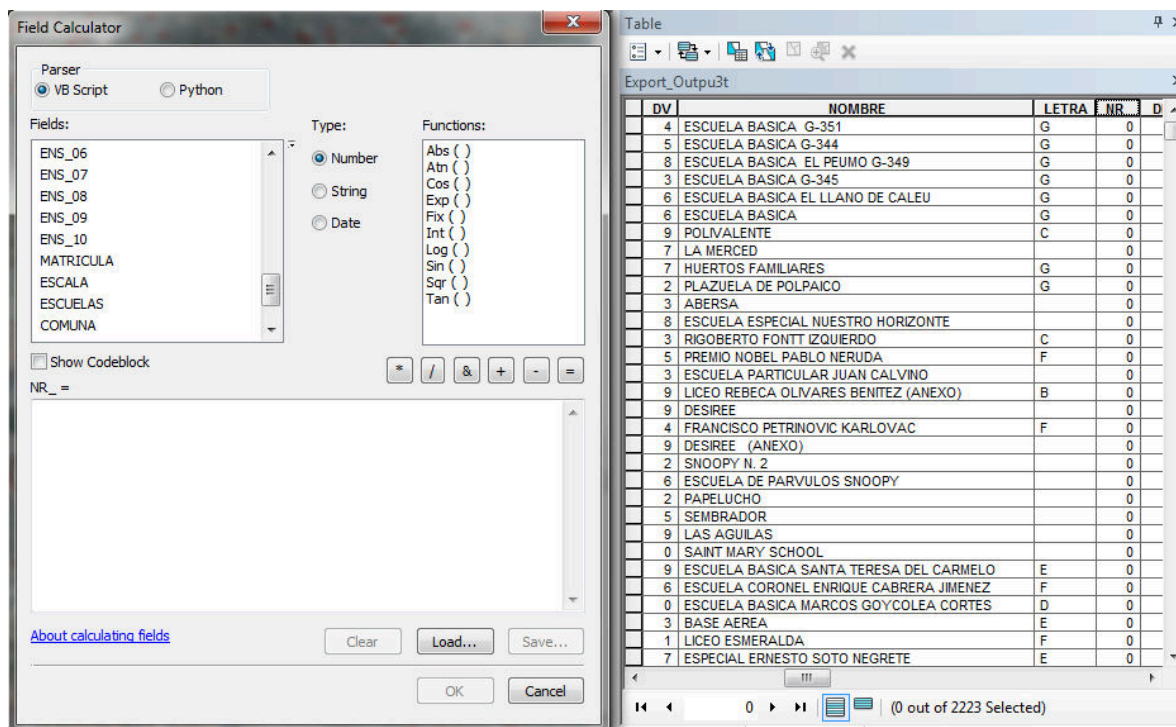


Figura 4:EMC-EMO en el módulo MOLA

Fuente: Elaboración propia

Al ingresar las variables en el programa externo se logra la incorporación de las variables en una sumatoria de los datos obtenidos, que entregan la

de las variables esté bien definido, en grupos representativos para cada uno de los objetivos, las bases de datos de las coberturas vectoriales para

ArcGIS en este caso, pueden llegar a ser demasiado amplias o muy reducidas. Quedará a criterio de la investigación y sus necesidades, la inclusión y exclusión de variables, según sean útiles o limitantes para los propósitos establecidos. Además, es muy probable que se encuentre valores 0, los que producen desajustes y distorsiones en las sumatorias de ponderación. Con ellos, la atención debe ser especial.

flexible, aunque la escala y la magnitud territorial de los datos, siguen siendo relevantes a la hora de inclinar la preferencia por una o por otra.

4. CONCLUSIONES

En la exposición de los elementos, se destaca esta forma de agrupar y consolidar estructura de información, paralelo a las puntuaciones o valoreszo al análisis factorial, como un método

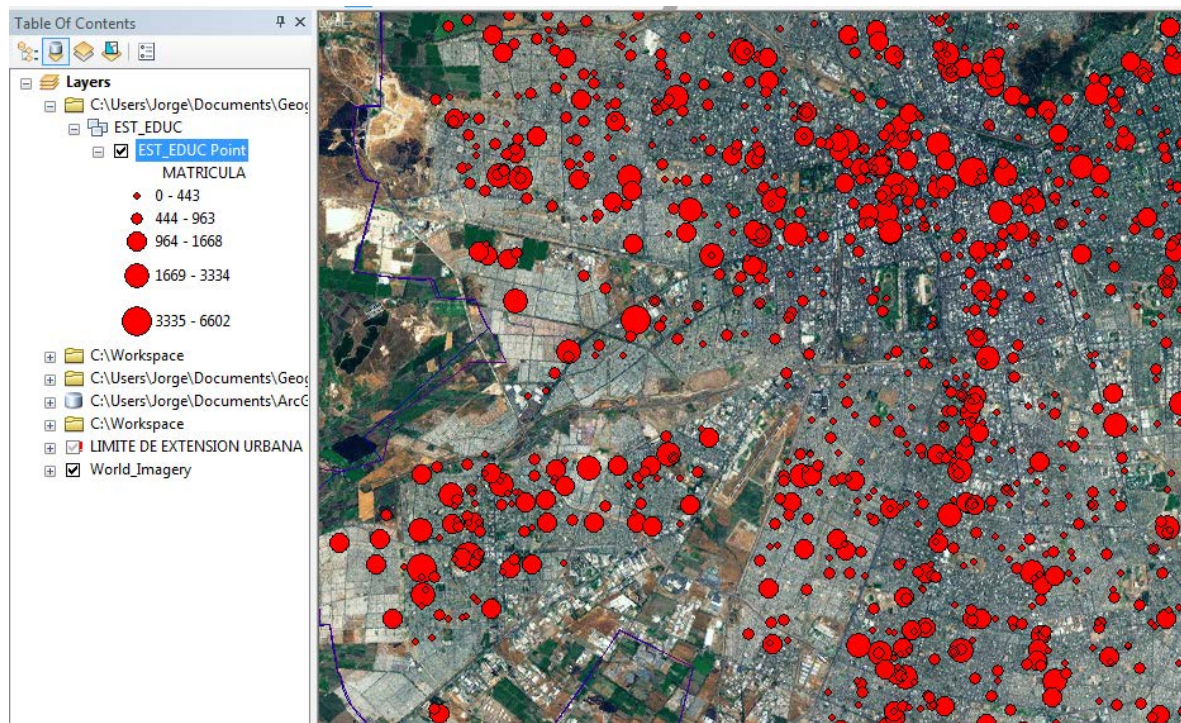


Figura 5: Estructura de los datos en EMO con visualización

Fuente: Elaboración propia

Otra de las consideraciones que se deben tener en el uso de esta metodología, corresponde a la proyección final de los datos en el formato territorial. Si bien las capas *raster* tienen las limitaciones del tamaño de celda en su almacenamiento, lo que configura la toma de decisión acerca de la escala de representación. Por otro lado, la información vectorial es algo más

estadístico reconocido, útil y objetivo para la normalización de variables.

Este método también ha ingresado al análisis de datos presentes en Educación que están ejemplificadas en este trabajo, ya que la diversificación de las variables y la inclusión de estudios interdisciplinarios en las Ciencias

Sociales, apunta al paradigma contemporáneo de construcción de conocimiento científico.

En Educación, las variables disponibles o en conflicto según la orientación de los estudios y levantamientos, no siempre representan las intenciones de los investigadores. Por ello, la normalización de ellas, representa también la definición conceptual de los objetivos y criterios para un óptimo desarrollo y análisis de una metodología como la EMC-EMO. Esta situación se ha expuesto abundantemente en la literatura asociada a los métodos estadísticos aplicados (Fotheringham & Rogerson, 2007).

Sin embargo, muchos de los estudios aún se concentran en análisis todavía descriptivos apenas alcanzando niveles relacionales y predictivos. Tal como se presentó al principio del trabajo, indicadores como el de *GINI* siguen siendo herramientas permanentes en el análisis científico, pero que sólo describe situaciones de concentración o dispersión de determinados atributos, que podrían ser cantidad de fenómenos sociales, recursos financieros u otros elementos materiales. La metodología EMC-EMO está diseñada para una primera toma de decisión, con lecturas de factores de aptitud y limitación, asignando valor o peso ponderado a específicas situaciones o escenarios. Además, tiene una potencialidad en la representación territorial de los datos obtenidos, ya sea en los resultados parciales o finales, pero que considera la visualización espacial de los elementos en conflicto, sean estos para la toma de decisiones

en materias educacionales o para fines de políticas públicas (Castro M & Lizasoain L, 2012).

La necesidad de integrar elementos disciplinares, para las investigaciones futuras en Educación, no sólo debe recaer en elementos etnográficos o de celo cualitativo. El diálogo con metodologías como la expuesta, permite tener una orientación hacia un conocimiento holístico y sistémico, propio de las Ciencias Sociales.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación gvSIG. (2011). ¿Qué es gvSIG desktop? – gvSIG. Recuperado 2 de abril de 2013, a partir de <http://www.gvsig.org/web/home/projects/gvsig-desktop>
- Blalock, H. M. (1998). *Estadística social*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bosque González, I. del. (2012). *Los sistemas de información geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales*. Madrid: Confederación Española de Centros de Estudios Locales.
- Bosque Sendra, J. (1988). *Aplicaciones de la informática a la geografía y ciencias sociales*. Madrid: Síntesis.
- Castro M, & Lizasoain L. (2012). Las técnicas de modelización estadística en la investigación educativa: Minería de datos, modelos de ecuaciones estructurales y modelos jerárquicos lineales. *Rev. Esp. Pedagog. Revista Española de Pedagogía*, 70(251), 131-148.
- Ebdon, D. (1982). *Estadística para geógrafos*. Vilassar de Mar, Barcelona, España: Oikos-tau.
- ESRI España. (2012). ¿Qué es un SIG? | Formación. Recuperado 3 de abril de 2013, a partir de <http://www.esri.es/es/formacion/que-es-un-sig/>
- Fan, W., & Hancock, G. R. (2012). Robust Means Modeling: An Alternative for Hypothesis Testing of Independent Means Under Variance Heterogeneity and Nonnormality. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 37(1), 137-156.
- Fotheringham, A. S., & Rogerson, P. (2007). *Handbook of spatial awareness*. London: SAGE.
- GeoChalkboard. (2012). Integrating ArcGIS and Google Earth for Crime Analysis|. Recuperado 3 de abril de 2013, a partir de <http://www.geospatialtraining.com/blog/index.php/integrating-arcgis-and-google-earth-for-crime-analysis/>
- Goodchild. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69, 211-221.
- Google. (s. f.). Operadores y más ayuda relacionada con las búsquedas - Ayuda de Búsqueda en la Web. Recuperado 22 de marzo de 2013, a partir de <http://support.google.com/websearch/bin/answer.py?hl=es&answer=136861>
- Haberman, S. J., & Sinharay, S. (2010). The Application of the Cumulative Logistic Regression Model to Automated Essay Scoring. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 35(5), 586-602.
- Haining, R. (2003). *Spatial data analysis: Theory and practice*. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press.

- Henríquez R., C., & Quense A., J. (2009). Evaluación Multicriterio/Multiobjetivo aplicada a los usos y coberturas de suelo en la cuenca de Chillán. Presentado en IV Encuentro de la Red Iberoamericana de la Evaluación y Decisión Multicriterio, Guadalajara, México. Recuperado a partir de <http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/222/Espacio/2010/EVALUACI%C3%93N%20MULTICRITERIO.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). México: : McGraw Hill.
- Kaplan, D., & Elliott, P. R. (1997). A Model-Based Approach to Validating Education Indicators Using Multilevel Structural Equation Modeling. *Journal of Educational Statistics*, 22(3), 323-347.
- Maguire, D. J., Batty, M., & Goodchild, M. F. (2005). *GIS, spatial analysis, and modeling*. Redlands (California): ESRI Press.
- Ministerio de Educación Chile. (2012). Sistema de Medición de Calidad de la Educación. Recuperado 3 de abril de 2013, a partir de <http://www.simce.cl/>
- Muijs, D. (2004). *Doing quantitative research in education with SPSS*. London: SAGE. Recuperado a partir de <http://public.eblib.com/EBLPublic/PublicView.do?ptiID=254602>
- Passuello, A., Cadiach, O., Perez, Y., & Schuhmacher, M. (2012). A spatial multicriteria decision making tool to define the best agricultural areas for sewage sludge amendment. *Environment International*, 38(1), 1-9.
- Santos Preciado, J. M., & Cocero Matesanz, D. (2006). *Los SIG raster en el campo medioambiental y territorial: ejercicios prácticos con IDRISI y MiraMon*. Madrid: UNED.
- Tejedor T., F. J. (2003). Poder explicativo de algunos determinantes del rendimiento en los estudios universitarios. *Revista Española de Pedagogía*, LXI (224), 5-32.