

Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina. <http://www.gesig-proeg.com.ar> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 6, Número 6, 2014, Sección II: Metodología. pp. 47-63.

EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO EN EL MARCO DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO: UN ANÁLISIS COMPARTATIVO

Juan Pablo Celemin

Investigador CONICET

Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales. Pinto 399. Tandil.

E-mail: jpcelmin@conicet.gov.ar

Resumen

La Evaluación Multicriterio es un método sumamente útil para la toma de decisiones y de amplio uso dentro de los SIG que cuenta con el Proceso Analítico Jerárquico como el principal procedimiento para la asignación de pesos. Por medio de un ejemplo cuya finalidad es la elaboración de un mapa de riesgo de inundaciones para la cuenca de Mar Chiquita se muestra la importancia, estructura y funcionamiento del Proceso Analítico Jerárquico al comparar los resultados obtenidos con un SIG con los cálculos manuales. Los resultados muestran mínimas diferencias entre ambos, resaltando su potencial en la solución de problemas en entornos SIG.

Palabras clave: Proceso jerarquico analitico, evaluacion multicriterio, SIG, pesos, Mar Chiquita

Abstract

Multicriteria evaluation is an extremely useful for decision -making and widely used within the GIS environment and it has the Analytic Hierarchy Process as the main method for assigning weights. Using the example of a flood risk map for the Mar Chiquita basin we show the importance, structure and functioning of the Analytic Hierarchy Process by comparing the results obtained with a GIS program with manual calculations. The results indicate minimal differences between them, highlighting its potential in solving problems in GIS environments.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Multicriteria evaluation, GIS, weights, Mar Chiquita

LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO

Existen variadas técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) que pueden ser utilizadas como modelo de evaluación y combinación de variables basadas en el análisis, discusión y jerarquización de alternativas con el fin de generar soluciones a problemas. En la aplicación de las EMC como ocurre con todas las técnicas, por la naturaleza multidisciplinar de las mismas, se puede hacer uso de métodos diversos y se debe actuar con prudencia. Es necesario tener en cuenta que su origen está radicado en disciplinas que no tienen en cuenta las particularidades de los datos espaciales. Dentro de las distintas técnicas de EMC la más utilizada es el método denominado Proceso Analítico Jerárquico, (*Analytical Hierarchy Process- AHP*) desarrollado por Saaty (1990) que se destaca por la facilidad y sencillez para dividir una decisión compleja en un conjunto de decisiones simples, facilitando la comprensión y solución del problema propuesto (Alvarez Alonso, et al., 2010:580). La AHP analiza los factores que intervienen en el proceso de decisiones sin requerir que estos se encuentren en una escala común, convirtiéndola en una de las técnicas de decisión más empleada para resolver problemas socioeconómicos; ya que incorpora factores sociales, culturales y otras consideraciones no económicas en el proceso de toma de decisiones (García, et al., 2006:109).

En el proceso de AHP primero se crea primero una matriz cuadrada, en la que el número de filas y columnas viene definido por el número de criterios considerados en la toma de decisión. A cada elemento de la matriz se le asigna un valor comprendido entre 9 ("mucho más importante que"), 1 ("igual de importante que") y 1/9 ("mucho menos importante que"). El autovector principal de la matriz, que representa el orden de prioridad de los factores, determina entonces los pesos de éstos, mientras que a partir del autovalor máximo se puede obtener una medida cuantitativa de la fiabilidad de los valores asignados en la comparación entre pares de factores, como es la relación de consistencia (*Consistency ratio* o CR). Si CR es menor o igual a 0,10 los valores asignados son satisfactorios. En caso contrario, éstos deberán ser evaluados nuevamente (Hervás et al., 2002:170).

Desde una perspectiva netamente geográfica para alcanzar un objetivo, la EMC es un proceso en el cual múltiples capas son agregadas para obtener un solo mapa de salida. Esta técnica se destaca por su capacidad de generar una decisión frente a un objetivo particular en un proceso en el cual múltiples productos cartográficos son considerados para obtener un único mapa de salida. Esta herramienta sirve de apoyo a la toma de decisiones en los procesos de planificación territorial ya que permite manejar e integrar gran cantidad de información espacial de eficiente manera.

Una decisión es una elección entre alternativas posibles y la base para esa decisión se conoce como criterio. En una técnica EMC aplicada al campo geográfico existen dos tipos de criterios: limitantes (*constraints*) y factores (*factors*). El primero actúa como límite a las alternativas bajo consideración. Se expresan en forma *booleana* (binaria), donde las áreas excluidas o máscaras son poseen el valor 0 y pueden corresponder al fondo no útil de la imagen, a categorías de uso de suelo incompatibles con la analizada o bien a las clases de variables significativas donde se comprueba la ausencia de dicha categoría (Paegelow,

2003). Por su formato binario al resto del área que no se encuentra enmascarada le corresponde el valor de 1.

Por otro lado, los factores son criterios que se utilizan para aumentar o disminuir la aptitud de una alternativa que está siendo evaluada. Se encuentran estandarizados (o normalizados) en este estudio en una escala comprendida entre el 0 (riesgo nulo) y 255 (riesgo máximo). Esta estandarización parte de la lógica *fuzzy* que permite romper con las clasificaciones rígidas ya que cada *píxel* se clasifica en cuanto al nivel que tiene entre los extremos de mínimo y máximo riesgo creando una escala continua para cada factor considerado.

El proceso *fuzzy* permite que los factores puedan ser combinados para obtener el producto cartográfico final previa ponderación de cada uno de ellos donde la suma total debe ser igual a 1 a través de la elaboración de una matriz de pares de variables que permite comparar la importancia de cada uno de los factores involucrados en relación con los otros (Eastman, 2001).

Este tipo de métodos de evaluación se pueden llevar a cabo en un SIG que trabaje en formato *raster* donde cada capa temática constituye una matriz cuadrículada de celdas continuas que poseen un tamaño y forma uniforme y un número con su color correspondiente que indica la categoría temática incluida en su interior. Cada celda se conoce como *píxel* y es la unidad mínima de representación espacial (Buzai y Baxendale, 2006). Estas características le permite al formato *raster* ser susceptible a procesos matemáticos. Es por ello que algunos de los mapas generados en formato vectorial (ver deben ser *rasterizados* para poder aplicar la EMC).

La finalidad del presente estudio es mostrar la importancia, estructura y funcionamiento del AHP al contrastar los resultados de la aplicación del procedimiento en un entorno SIG con la aplicación manual. Como ejemplo se recurre a la elaboración de un mapa de riesgo de inundaciones para la cuenca de Mar Chiquita compuesto por siete criterios.

MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración del mapa de riesgo se elaboró a partir de la combinación de varios mapas: uso del suelo, carreteras y ferrocarril, pendientes (previa elaboración del modelo digital de terreno), centros urbanos, suelos y arroyos y cuerpos de agua. El modelo digital de terreno se obtuvo a partir de la digitalización de las curvas de nivel mientras el mapa del uso del suelo fue producto del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ en dos períodos diferentes del año 2005 para poder clasificar los cultivos de invierno como los de verano. Se utilizó un Falso Color Compuesto (bandas 2, 3 y 4) y una clasificación No Supervisada para obtener las clases que finalmente fueron reclasificadas para obtener las categorías de uso del suelo. El resto de los mapas fueron digitalizados a partir de cartografía proveniente de distintas fuentes y convertidos al formato *raster*.

Se utilizó el software Idrisi Taiga que permite aplicar la EMC y ponderar sus factores a través del AHP para obtener un único mapa de salida donde las áreas de riesgos quedan comprendidas entre 0 (riesgo nulo) y 255 (riesgo máximo).

APLICACIÓN DE LA MCE A TRAVÉS DE UN SIG

En el presente trabajo para cumplimentar el objetivo de obtener una mapa de riesgo de inundaciones se establecieron siete criterios: seis factores y un limitante.

A) Factores

- Gradiente (Figura 1): inicialmente se elaboró un mapa topográfico a partir de un Modelo Digital de Terreno que luego fue convertido en un mapa de gradientes. La estandarización se obtuvo considerando que el principal problema concerniente a las inundaciones en la zona de estudio es la dificultad que tiene el agua para escurrir debido al muy escaso gradiente que cuenta la zona de estudio. Consiguientemente el agua se acumula y solamente desaparece por evaporación. La superficie comprendida en un gradiente igual o menor al 3% corresponde al 84% de la Cuenca de Mar Chiquita. El resto se concentra en las laderas de las sierras y en parte de la Franja Eólica Periserrana. Por lo tanto, la estandarización de este factor se realizó de la siguiente manera y su representación cartográfica se observa en la Figura 1:

<1 % = 255

1.1% al 1.5 % = 220

1.6% al 2 % = 190

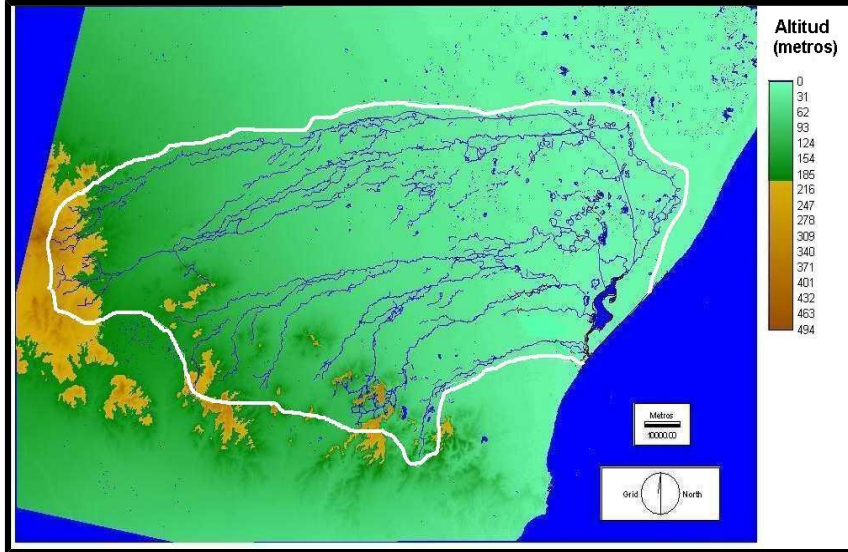
2.1% al 2.5 = 170

2.6% al 3% = 150

3% al 4% = 130

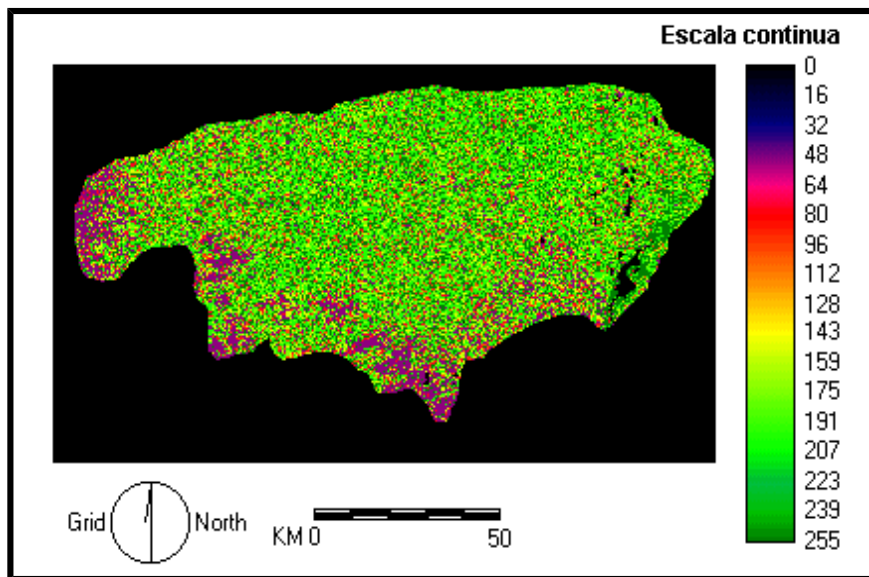
> 4% = 50

Figura 1. Relieve de la zona de la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

Figura 2. Estandarización del factor gradiente de la Cuenca de Mar Chiquita

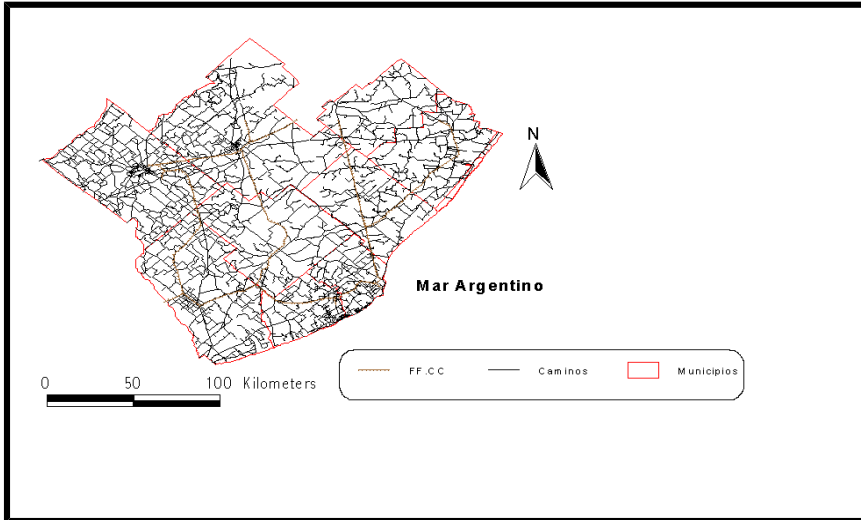


Fuente: elaboración personal

- Carreteras y Ferrocarril (Figura 3): se consideraron de manera diferencial ya que las rutas tienen en la actualidad una mayor importancia que el ferrocarril. Este último presenta muchos ramos desactivados a la vez que las vías se encuentran sobre terraplenes que disminuyen su exposición en caso de inundaciones. Sin embargo para ambos se utilizó la función de tipo lineal con *monotonically decreasing* desde

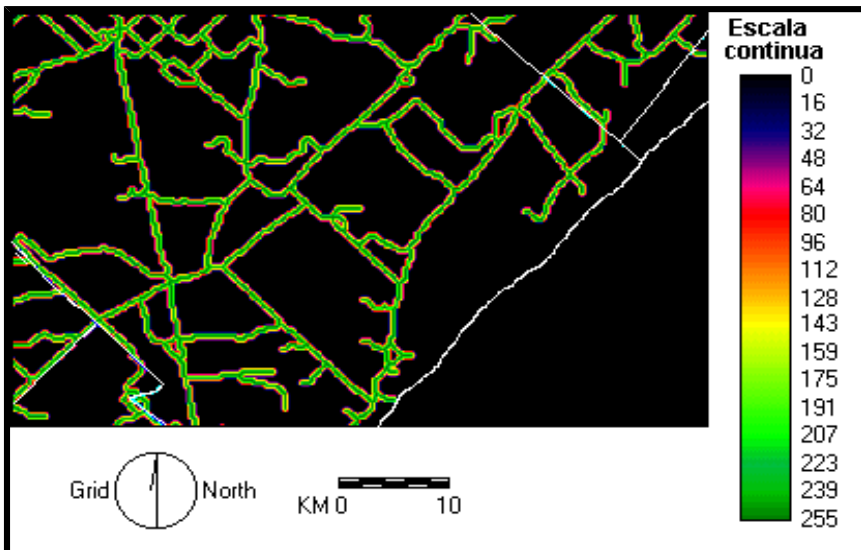
el camino o vía del ferrocarril hasta los 500 metros. De esta manera cuanto más cerca se está de la red vial mayor es el valor. Este disminuye de forma constante hasta los 500 metros. A partir de entonces la valoración es de 0 tal como se observa en la Figura 4.

Figura 3. Red de caminos y ferrocarril en la zona de la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

Figura 4. Detalle de la estandarización de los factores distancia a caminos y ferrocarril

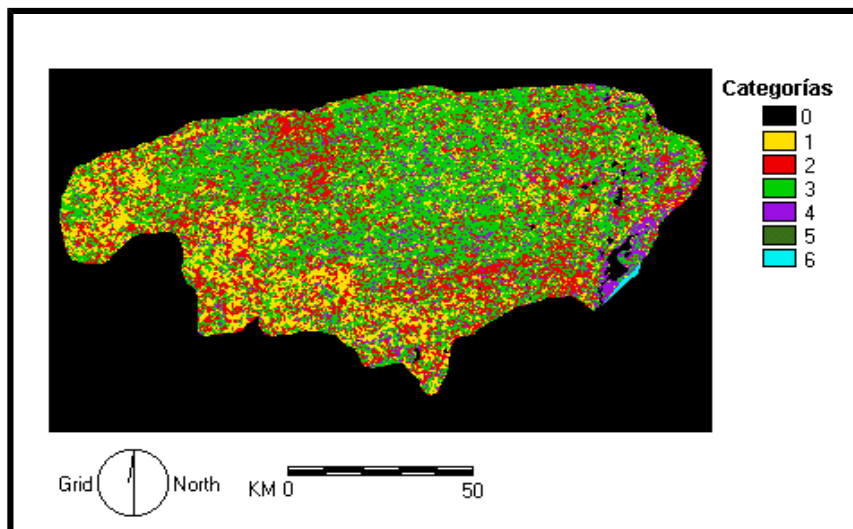


Fuente: elaboración personal

- Uso del suelo (Figura 5): se elaboró combinando dos imágenes Landast 7 ETM+ con una resolución espacial de 30 metros de dos períodos diferentes correspondientes al mes de agosto y diciembre para poder clasificar los diferentes cultivos estacionales. Luego se le agregó la superficie correspondiente a los centros urbanos previamente digitalizada. Se establecieron tres usos principales (Urbano, Agrícola y Ganadero) además de otros dos tipos de coberturas asociadas a bajos. Por último se incluyen también a los médanos. Se establecieron las siguientes categorías con sus correspondientes valoraciones y estandarizaciones (Figura 6):

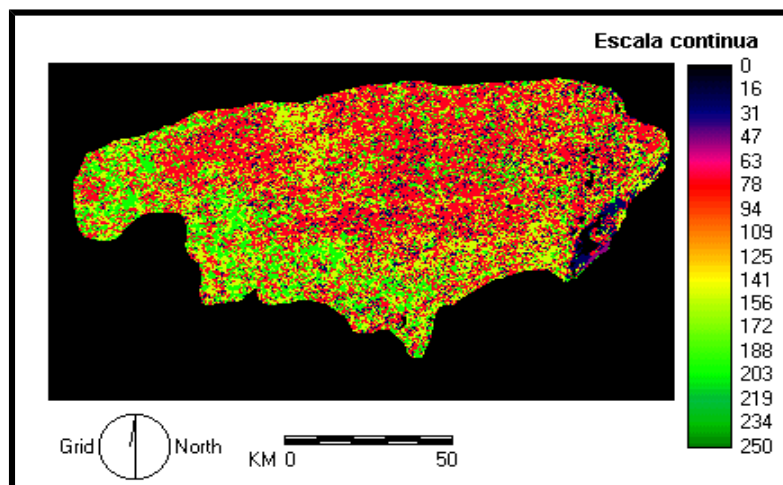
- 1 Agrícola = 200
- 2 Pasturas con bajos = 75
- 3 Ganadero (Pasturas) = 150
- 4 Bajos = 50
- 5 Urbano = 255
- 6 Médanos = 25

Figura 5. Categorías del factor del uso del suelo en la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

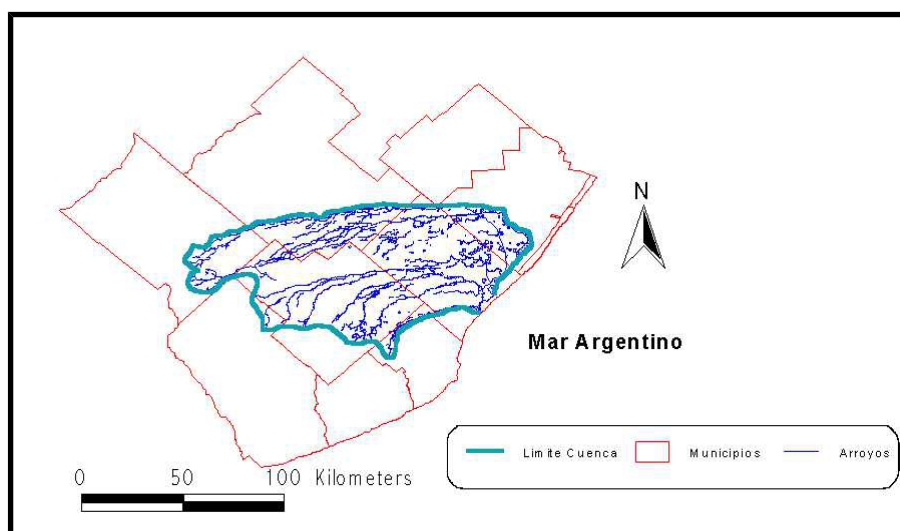
Figura 6. Estandarización del factor de uso del suelo de la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

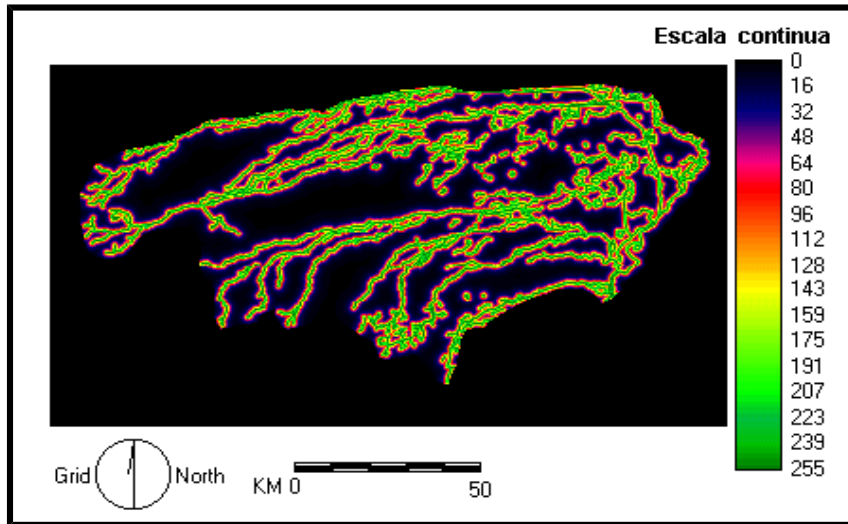
- Hidrografía (Figura 7): en este caso cuanto más cerca se está del curso o cuerpo de agua mayor es el riesgo y, por lo tanto, su valoración. Como en el caso de la red vial también se utilizó la función de tipo lineal con *monotonically decreasing* desde el curso o cuerpo de agua hasta los 500 metros (Figura 8).

Figura 7. Red hidrográfica de la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

Figura 8. Estandarización del factor distancia a cursos y cuerpos de agua en la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

- Tipo de Suelos (Figura 9): la valoración se realizó considerando las características de los suelos dominantes a partir del Atlas de Suelos de la República Argentina del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. De esta manera se establecieron cuatro categorías a partir de la importancia que tiene para el desarrollo de la actividad primaria. Se encuentra estrechamente con los ambientes geomorfológicos descritos con anterioridad. La estandarización se realizó de la siguiente manera (Figura 10):

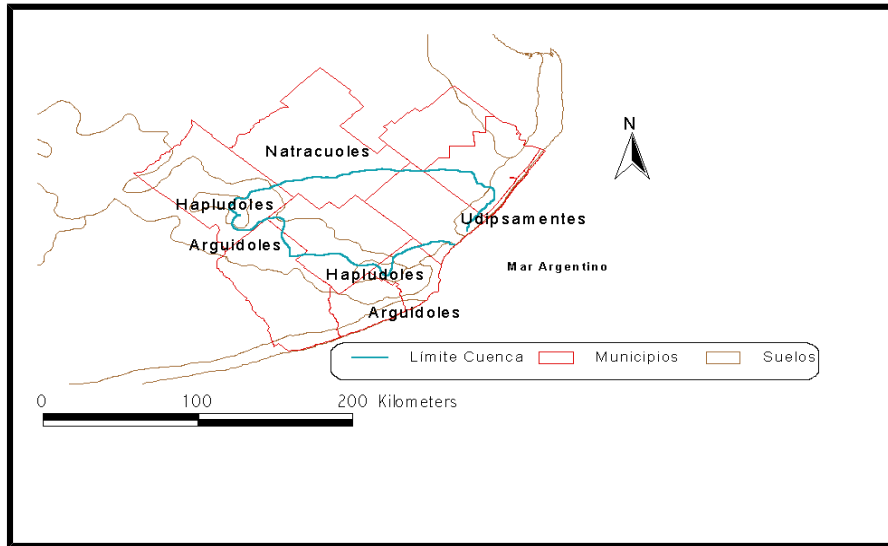
Arguidoles = 250

Hapludoles = 150

Natracuoles = 75

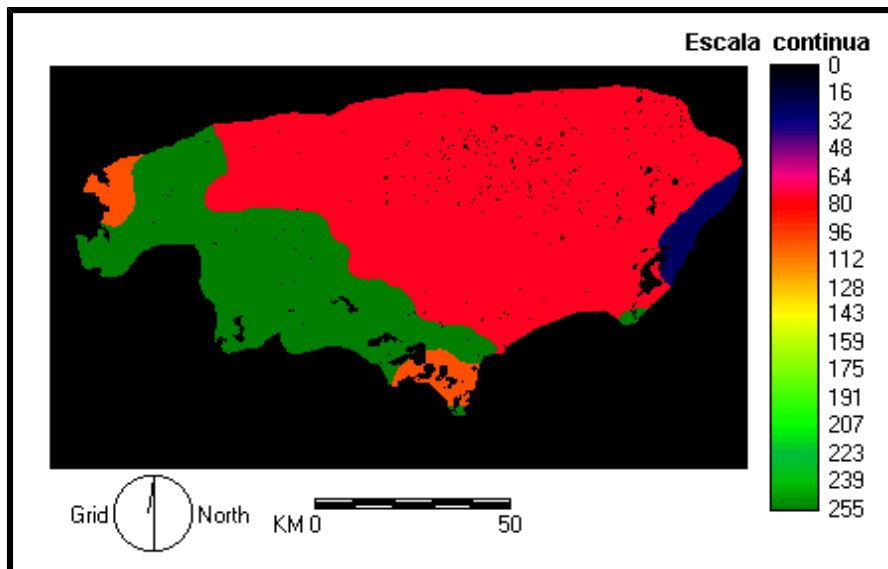
Udipsamentes = 25

Figura 9. Tipo de suelos en la zona de la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

Figura 10. Estandarización del factor tipo de suelos de la Cuenca de Mar Chiquita

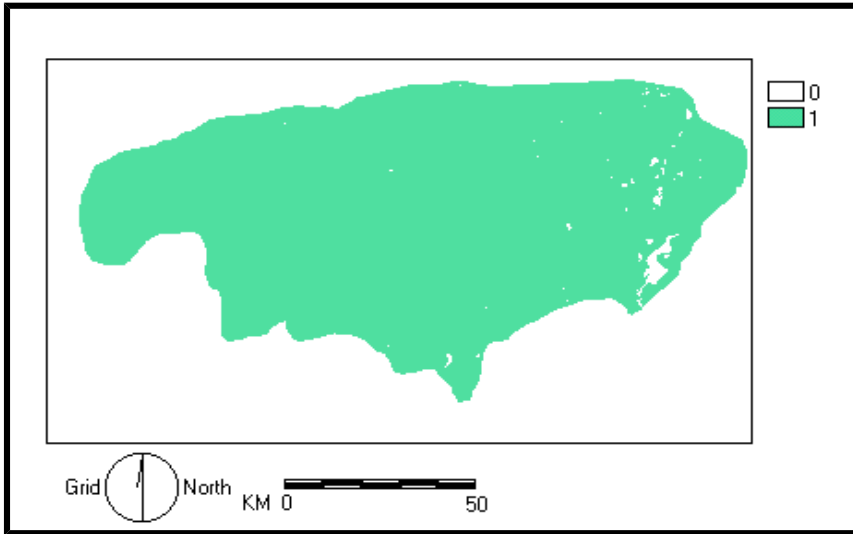


Fuente: elaboración personal

B) Limitantes

Se consideró un único limitante que comprende el mar y los cuerpos de agua y el área externa a la Cuenca de Mar Chiquita (Figura 11). Tiene una estructura binaria donde las superficies consideradas como limitantes tiene el valor de 0 y el resto 1. El resultado es la siguiente máscara:

Figura 11. Criterio limitante en la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

Utilización de AHP para la ponderación de los factores

Para establecer los pesos de los factores se crea una matriz (Tabla 1) siguiendo la escala de ponderación (Tabla 2) que permite comparar la importancia de cada uno de los factores en relación a los demás

Tabla1. Matriz de AHP para asignar pesos a los factores

Factores	Agua_fuzzy		Ferro_fuzzy		Suelo_fuzzy	Uso_fuzzy
Agua_fuzzy	1,0000	0,2500	0,5000	0,3330	0,2500	0,1429
Camino_fuzzy	4,0000	1,0000	4,0000	3,0000	1,0000	0,3333
Ferro_fuzzy	2,0000	0,2500	1,0000	0,5000	0,3330	0,1667
Grados_fuzzy	3,0000	0,3300	2,0000	1,0000	0,5000	0,1667
Suelo_fuzzy	4,0000	1,0000	3,0000	2,0000	1,0000	0,2500
Uso_fuzzy	7,0000	3,0000	6,0000	6,0000	4,0000	1,0000
SUMA	21,0000	5,8300	16,5000	12,8330	7,0830	2,0595

Tabla 2. Escala para la ponderación de pares de factores

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremely	very strongly	strongly	moderately	equally	moderately	strongly	very strongly	extremely
less important					more important			

Fuente: Eastman 2001

Finalmente se ingresan los valores de los pesos obtenidos con anterioridad para cada uno de los factores considerando que la suma final de todos los pesos debe ser igual a uno.

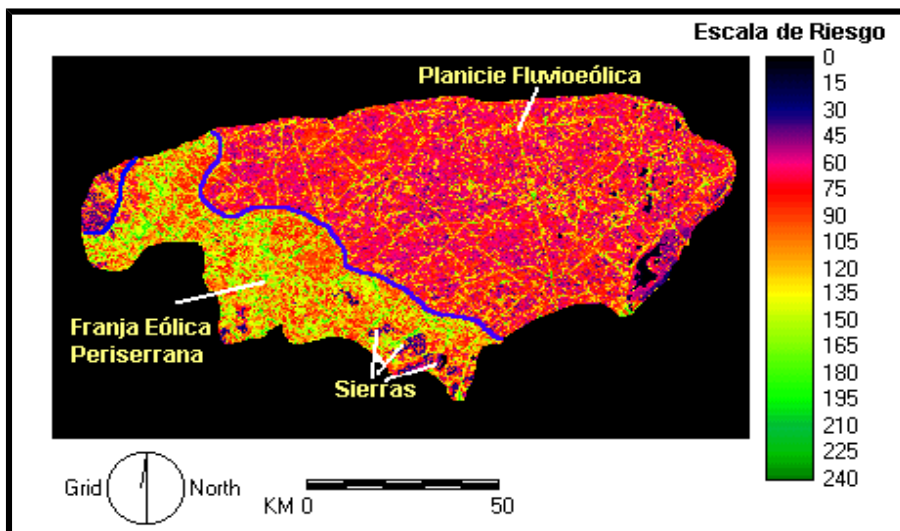
Tabla 3. Peso de los factores

Factores	Peso
Agua_fuzzy	0,0411
Camino_fuzzy	0,1899
Ferro_fuzzy	0,0589
Grados_fuzzy	0,0892
Suelo_fuzzy	0,1596
Uso_fuzzy	0,4613

Ratio de Consistencia = 0.03

El mapa de riesgo (Figura 12) es el resultado de la combinación de los factores mencionados con anterioridad. Inicialmente es un mapa interactivo ya que al colocar el cursor del software en cualquier parte (*píxel*) del mismo, se indica el índice de riesgo comprendido en una escala de 0 (riesgo nulo) a 240 (el riesgo máximo resultante para este estudio).

Figura 12. Escala de riesgo de inundaciones para la Cuenca de Mar Chiquita



Fuente: elaboración personal

CÁLCULO MANUAL DE AHP PARA LA ZONA DE ESTUDIO

Los procedimientos de EMC y AHP se encuentran presentes en casi todos los SIG de uso actual. Su implementación es relativamente sencilla dando lugar a la aparición de numerosos trabajos provenientes de distintas disciplinas científicas. Pero para los especialistas en SIG es necesario realizar un paso más y verificar manualmente el funcionamiento del procedimiento (en la medida de lo posible) para conocerlo mejor y, en

último lugar, ratificar los resultados obtenidos. Es por ello que el presente trabajo realiza manualmente el procedimiento de AHP para contrastarlo con los valores obtenidos con el SIG y así verificar su correcto funcionamiento.

Existen varios trabajos que desandan los pasos del procedimiento en cuestión con una finalidad didáctica (Linares, et al., 2009; Hurtado, 2005 y Bruno, 2005, entre otros) y que pueden ser utilizados para hacer los cálculos manuales.

Inicialmente se generan las comparaciones pareadas para cada uno de los factores tal como se mostró en la Tabla 1. A continuación se suman los valores de cada columna (Tabla 4).

Tabla 4. Asignación de pesos para los factores en la escala de 1 a 9

Factores	Agua_fuzzy		Ferro_fuzzy		Suelo_fuzzy	Uso_fuzzy
Agua_fuzzy	1,0000	0,2500	0,5000	0,3330	0,2500	0,1429
Camino_fuzzy	4,0000	1,0000	4,0000	3,0000	1,0000	0,3333
Ferro_fuzzy	2,0000	0,2500	1,0000	0,5000	0,3330	0,1667
Grados_fuzzy	3,0000	0,3300	2,0000	1,0000	0,5000	0,1667
Suelo_fuzzy	4,0000	1,0000	3,0000	2,0000	1,0000	0,2500
Uso_fuzzy	7,0000	3,0000	6,0000	6,0000	4,0000	1,0000
SUMA	21,0000	5,8300	16,5000	12,8330	7,0830	2,0595

El siguiente paso requiere la normalización o estandarización de los factores al dividir los pesos de cada uno de ellos por la suma de cada columna y luego se obtiene el promedio de cada una de las filas (Tabla 5). Este valor es el que corresponde al peso que se le asigna a cada factor. Al ser estandarizado, la suma de los promedios debe ser igual a 1.

Tabla 5. Normalización y promedio de los pesos de los factores

Factores	Agua_fuzzy	Camino_fuzzy	Ferro_fuzzy		Suelo_fuzzy	Uso_fuzzy	Promedio
Agua_fuzzy	0,0476	0,0429	0,0303	0,0259	0,0353	0,0694	0,0419
Camino_fuzzy	0,1905	0,1715	0,2424	0,2338	0,1412	0,1618	0,1902
Ferro_fuzzy	0,0952	0,0429	0,0606	0,0390	0,0470	0,0809	0,0609
Grados_fuzzy	0,1429	0,0566	0,1212	0,0779	0,0706	0,0809	0,0917
Suelo_fuzzy	0,1905	0,1715	0,1818	0,1558	0,1412	0,1214	0,1604
Uso_fuzzy	0,3333	0,5146	0,3636	0,4675	0,5647	0,4856	0,4549
					SUMA		1,0000

Se puede observar que los pesos para cada factor, aunque similares, son distintos a los obtenidos por el SIG utilizado en el presente trabajo (ver Tabla 3) y se mantiene el orden de importancia de cada uno de ellos. Para finalizar es necesario establecer si estos nuevos valores presentan un índice de consistencia aceptable y similar al obtenido por el SIG.

Para ello hay que determinar el vector de la suma ponderada que se obtiene multiplicando el peso del primer factor de la tabla 4 por el promedio del primer factor de la Tabla 5, luego se multiplica el peso del segundo factor por el promedio del segundo factor y así sucesivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Determinación del vector de la suma ponderada

Factores	Agua_fuzzy	Camino_fuzzy	Ferro_fuzzy		Suelo_fuzzy	Uso_fuzzy	Suma ponderada
Agua_fuzzy	0,0419	0,0476	0,0305	0,0303	0,0401	0,6505	0,8408
Camino_fuzzy	0,1676	0,1902	0,2438	0,2751	0,1604	0,1501	1,1871
Ferro_fuzzy	0,0838	0,0476	0,0609	0,0458	0,0529	0,0760	0,3670
Grados_fuzzy	0,1257	0,0628	0,1219	0,0917	0,0802	0,0760	0,5582
Suelo_fuzzy	0,6704	0,1902	0,7313	0,5501	0,1604	0,0375	2,3399
Uso_fuzzy	0,2933	0,5706	0,3656	0,5501	0,6415	0,4549	2,8761

A continuación, para determinar el vector de consistencia se divide el vector de la suma de pesos por los pesos de los criterios determinados previamente (Tabla 7)

Tabla 7. Determinación del vector de consistencia

Factores	Suma ponderada	Promedio	
Agua_fuzzy	0,2553	0,0419	6,0925
Camino_fuzzy	1,1871	0,1902	6,2414
Ferro_fuzzy	0,3670	0,0609	6,0267
Grados_fuzzy	0,5582	0,0917	6,0871
Suelo_fuzzy	0,9980	0,1604	6,2219
Uso_fuzzy	2,8760	0,4549	6,3223
		Lambda	6,1653
		IC	0,0330
		RC	0,0266

Por último el promedio de la suma de las consistencias nos permite obtener Lambda λ que al ser estandarizada genera el índice de consistencia (IC).

$$IC = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{6,1653 - 6}{6 - 1} = 0,0$$

Para finalizar se calcula el ratio de consistencia (RC) mediante la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,0330}{1,24} = 0,0266$$

Donde IA es el Índice de Azar, esto es, el IC de una matriz de comparaciones pareadas generadas aleatoriamente, y como se muestra en la Tabla 8, dependerá del número de elementos que son comparados. A la cantidad de factores utilizados (n=6) le corresponde el IA 1,24. Así, un valor de PC<0.10 indica un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas, mientras que un PC>0.10, indica inconsistencia en los juicios. Consiguientemente el valor final de 0,0266 muestra que el procedimiento fue aplicado exitosamente y no requiere de ajustes. El Idrisi Taiga obtuvo el mismo valor redondeado en 0,03.

Tabla 8. Índice de Azar para 10 criterios

n	IA
1	0
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

A modo de resumen se presenta en la tabla 9 la comparación entre los valores obtenidos con el SIG y el cálculo manual del AHP.

Tabla 9. Comparación de la aplicación del AHP

Factores	AHP SIG	AHP Manual
Agua_fuzzy	0,0411	0,0419
Camino_fuzzy	0,1899	0,1902
Ferro_fuzzy	0,0589	0,0609
Grados_fuzzy	0,0892	0,0917
Suelo_fuzzy	0,1596	0,1604
Uso_fuzzy	0,4613	0,4549
Suma	1	1
RC	0,03	0,0266

CONSIDERACIONES FINALES

La Evaluación Multicriterio y el Proceso Analítico Jerárquico son procedimientos ampliamente utilizados para la toma de decisiones en entornos SIG. Su relativo fácil uso a resultado en gran cantidad de publicaciones provenientes de un amplio rango de disciplinas. Estos métodos han potenciado a los Sistemas de Información Geográfica más allá de su capacidad para almacenar y representar especialmente datos. No obstante, aunque facilitan y aumentan la velocidad para la toma de decisiones y resolver problemas, para su correcta aplicación e interpretación de resultados es necesarios conocer con precisión su funcionamiento. Al comparar los resultados obtenidos con un SIG con los cálculos manuales el estudio muestra la estructura y funcionamiento del Proceso Analítico Jerárquico. El ejemplo utilizado que involucra la creación de un mapa de riesgo de inundaciones con siete criterios muestra la potencialidad del método más allá de su uso habitual para la localización de equipamiento e infraestructura.

BIBLIOGRAFÍA

BUZAI, G., BAXENDALE, C. 2006. **Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica**. Lugar Editorial: Buenos Aires:

EASTMAN, J.2001, *b* Guide to Gis and Image Processing, Volume 2, **Decision Support: Decision Strategy Analysis**. Clark Universty. Worcester.

HERVÁS, J. BARREDO, J.; LOMOSCHITR, A. 2002. Elaboración de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante SIG, teledetección y métodos de evaluación multicriterio: aplicación a la depresión de Tirajana (Gran Canaria). En: AYALA – CAICEDO, F. y CORAMINAS, J. (eds). **Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Fundamentos y aplicaciones en España**. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. p. 169-180.

HURTADO, T.; BRUNO, G. 2005. El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores. Tesis de Licenciado en Investigación Operativa. Facultad de ciencias Matemáticas. UNMSM. Lima, Perú. 100 p. Disponible en:
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf

LINARES, S; MELIÉNDREZ, M; MILÍA, S. E ROSSO, I. 2009. Sistemas de ayuda y decisión espacial en políticas sociales. una propuesta orientada a la asignación de recursos. **GeoSIG**, 1 (1): 62-80.

MARTÍNEZ, E., ÁLVAREZ, M., ARQUERO, A., & ROMERO, M. (2010). Apoyo a la selección de emplazamientos óptimos de edificios. Localización de un edificio universitario mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), **Informes de la Construcción**, 62 (519): 35-45.

PAEGELOW, M; CAMACHO, M; MENOR, J. 2003. Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización del paisaje, **GeoFocus**, 3: 22-44.

SAATY, T. 1980. **Analytic Herarchy Process**. McGraw Hill. New York:

SAATY, T. 1994. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **Interfaces**, 24(6), 19-43.

© Juan Pablo Celemin

Celemin, J.P. 2014. El proceso analítico jerárquico en el marco de la evaluación multicriterio: un análisis comparativo. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica**. (GESIG-UNLU, Luján). Año 6, N° 6, Sección II: 47-63.
On-line: www.gesig-proeg.com.ar

Recibido: 1 de setiembre de 2014

Aprobado: 7 de octubre de 2014