

Zonas de potencial conflicto entre usos del suelo: identificación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Gustavo D. Buzai y Claudia A. Baxendale

Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG) – Universidad Nacional de Luján y Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente (GEPAMA) – Universidad de Buenos Aires / CONICET. <http://www.gesig-proeg.com.ar> - <http://www.gepama.com.ar>.
e-mail: buzai@uolsinectis.com.ar

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto presentar las técnicas de evaluación multicriterio aplicadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y avanzar hacia una metodología, que basada en ellas, permite identificar escenarios de conflicto espacial ante la evolución de los usos del suelo en un área de estudio.

La estrategia metodológica adquiere su marco conceptual en el *constructivismo*, principalmente en cuanto a la consideración de una realidad posible de ser modelada mediante la construcción de *n* capas temáticas como *proceso de diferenciación* y sus combinaciones en la búsqueda de resultados parciales y un resultado general como *proceso de integración*.

El tratamiento realizado surge de un abordaje empírico como camino que parte de la realidad y vuelve a ella para su posible intervención en el campo del Ordenamiento Territorial. El esquema de proyectos desde esta perspectiva se basa en las técnicas PERT (*Program Evaluation and Review Techniques*) que fueron oportunamente detalladas en base a una serie de aplicaciones realizadas (Buzai y Baxendale, 2006).

Los procedimientos metodológicos detallados a continuación se presentan como una actual línea de avance en el análisis espacial de base sistémica. La aplicación lleva a la identificación de zonas de potencial conflicto como consecuencia de la competencia territorial de actividades productivas (primarias, secundarias y terciarias) que tienen la necesidad de espacio para la expansión agroproductiva, expansión residencial y la definición de zonas para la conservación.

De esta manera, el resultado obtenido se presenta como una base concreta para la toma de decisiones en la búsqueda de alternativas que lleven a una evolución espacial armoniosa de los usos del suelo, principalmente simplificando la descripción y análisis de procesos en un nivel de focalización específica ante la realidad estratificada como un sistema complejo (García, 2006) de abordaje interdisciplinario (Baxendale, 2007).

ANÁLISIS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO

La lógica en la vinculación de entidades en el modelado de secuencias (y su representación gráfica en el diagrama de solución) para la búsqueda de localizaciones óptimas en diversas escalas, en el ámbito de los SIG, tiene su base inicial en la descomposición del área de estudio en un nivel vertical formado por diferentes capas temáticas (*layers*) que contienen las variables fundamentales (*temas en forma de mapas*) útiles para la resolución del tema a ser abordado.

Existen variados procedimientos que pueden ser aplicados a esta estructura de datos espaciales, principalmente incluidas en lo que se ha denominado *modelado cartográfico*, especialidad con mayor aptitud para las estructuras de tipo *raster* (DeMers, 2002) y que define las reglas de aplicación para la obtención de resultados mediante procedimientos de superposición cartográfica.

El mayor avance en el modelado cartográfico lo constituyen las denominadas *técnicas de evaluación multicriterio*, las cuales amplían las posibilidades de trabajo hacia la obtención de resultados como escenarios de posibilidades a futuro, que están altamente vinculados a los procedimientos *subjetivos* necesarios en el funcionamiento de las metodologías que apuntan a lograr superiores niveles de objetividad.

El análisis de evaluación multicriterio comienza con una información básica, como se ha dicho, compuesta por variables en formato cartográfico que sirven como criterios para realizar los procedimientos de evaluación. Hay dos tipos de criterios; aquellos que presentan valores continuos de aptitud locacional en cada variable, llamados *factores*, y las capas temáticas que actúan con la finalidad de confinar los resultados en un sector delimitado del área de estudio, llamados *restricciones*.

Cabe destacar aquí que en la formación de factores pueden ser utilizadas las lógicas de tratamiento difuso, técnicas *fuzzy* para la definición de límites espaciales poco precisos y que según algunos autores como Wilson y Burrough (1999) podría ser considerada una de las nuevas bases para el análisis espacial cuantitativo.

Mediante la selección de variables, sus tratamientos tendientes hacia la generación de factores y restricciones, y la determinación de diferentes formas de combinación nos encaminamos hacia la búsqueda de resultados. Las formas de vinculación se denominan *reglas de decisión* y su proceso de aplicación *evaluación*.

En Buzai y Baxendale (2006) hemos desarrollado detalladamente estas relaciones en el marco de la utilización del *triángulo de decisiones estratégicas* formado por un espacio de relaciones entre el nivel de riesgo (en la decisión locacional) y el nivel de compensación (ante la importancia diferencial de factores). Es posible lograr resultados por procedimientos *booleanos* por multiplicación (análisis de riesgo mínimo sin compensación), por suma (escalonamiento del nivel de riesgo sin compensación) y por combinación lineal ponderada (análisis de riesgo medio con máxima compensación).

MODELO DE RESOLUCIÓN

Tomando como base la lógica de las técnicas de evaluación multicriterio apoyadas por el uso de SIG, Carr y Zwick (2006, 2007) han propuesto un modelo de resolución estandarizada de interesantes capacidades para la identificación empírica de zonas potenciales de conflicto entre usos del suelo.

El modelo propuesto por estos autores ha sido denominado LUCIS (*Land use conflict identification strategy*) y contempla la realización de diferentes pasos como camino de resolución hacia la obtención del mapa con las zonas de conflicto.

Los pasos para la aplicación del modelo son los siguientes:

1. *Definición de objetivos*: Se considera que cada localización puede tener tres posibilidades de ocupación en cuanto a usos del suelo, los cuales pueden estar dedicados a actividades *urbanas*, *agrícolas* o de *conservación*. Cada una de estas actividades tiene como meta la maximización de oportunidades en ciertas líneas de desarrollo, por ejemplo, el uso urbano en cuanto a la expansión residencial, el uso agrícola para la expansión del zonas de cultivos o el uso de conservación para la protección de la biodiversidad.

2. *Creación de la base de datos espacial*: Se realiza generando una serie de capas temáticas (*layers*) por digitalización que contienen información relevante y básica para el logro de cada uno de los tres objetivos señalados. Además de los temas a ser considerados en el análisis, en este punto se deben definir los aspectos técnicos de la creación de bases de datos alfanuméricas y gráficas en el marco de la tecnología SIG, como la extensión del área de estudio, sistema de proyección y unidad mínima de resolución espacial.

3. *Análisis de aptitud*: Se realiza el análisis de cada capa temática del área de estudio determinando la aptitud relativa de las categorías de cada criterio para cada objetivo. Corresponde a la creación de factores para la aplicación de las técnicas de evaluación multicriterio. El método *LUCIS* considera una estandarización de aptitud continua (*ac*) en números enteros cumpliendo el siguiente rango:

$$[a] 1 \leq ac \leq 9$$

4. *Determinación de preferencias*: Se establece la importancia de cada factor en la resolución del objetivo específico. Para lograr el resultado se apela al conocimiento teórico de la problemática o se utilizan métodos que llevan a la definición cuantitativas de importancias. Estos corresponden al proceso de toma de decisión mediante vínculos de colaboración entre expertos (Jankowski y Nyerges, 2001) que han sido detallado en Buzai y Baxendale (2006) cumpliendo las siguientes características:

$$[a] \sum p_i = 1, \text{ y } [b] 0 \leq p_i < 1$$

Los cálculos de ponderación han sido realizados a partir de la aplicación del *método por ranking recíproco* propuesto por Malczewski (1999) mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$[b] w_j = (1/r_j) / \sum (1/r_j)$$

5. *Aplicación de la regla de decisión y reclasificación de resultados*: Se corre el procedimiento de combinación lineal ponderada obteniéndose un valor índice sintético para cada localización en base a la definición de factores y los valores de ponderación para cada uno de ellos de la siguiente forma:

$$[a] I_i = \sum p_i x_i, \text{ o integrando restricciones } [b] I_i = \sum p_i x_i \prod r_j$$

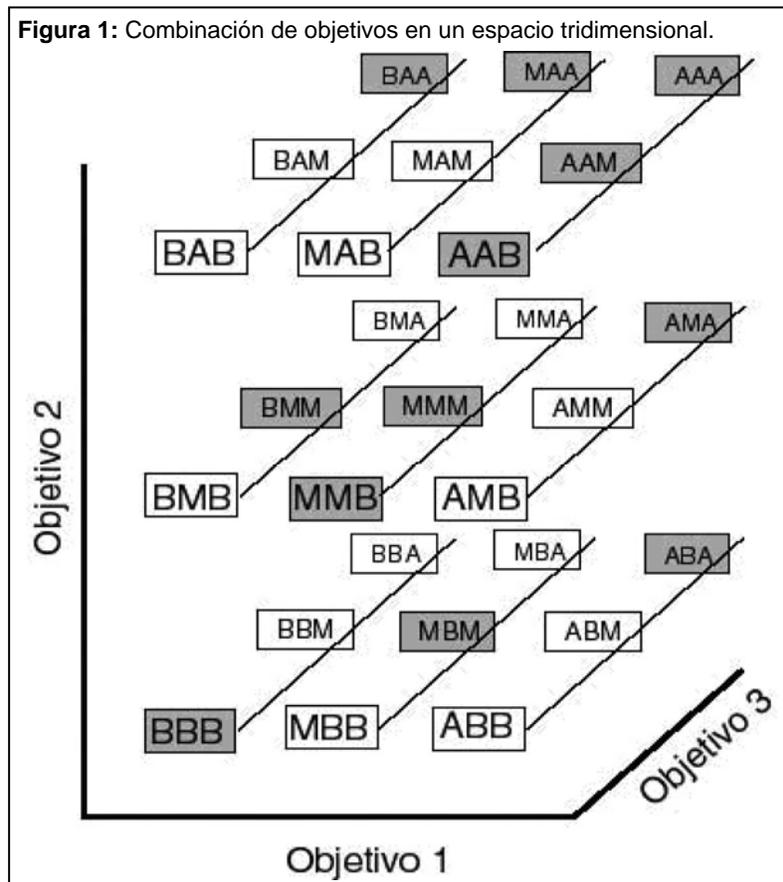
El resultado corresponde a tres mapas de aptitud general para usos del suelo urbano, agrícola o de conservación. Una reclasificación lleva cada valor de aptitud continua a tres categorías de la siguiente forma:

$$[a] 1 \leq ac \leq 3$$

El resultado corresponde a tres mapas de aptitud reclasificada para cada objetivo, en aptitudes alta, media y baja.

6. *Identificación de zonas potenciales de conflicto*: La combinación de usos conflictivos y no-conflictivos se encuentra en la combinatoria de las tres categorías para cada objetivo a partir de un gráfico de dispersión tridimensional de 27 combinaciones (alto-A, medio-M, bajo-B) por tres mapas de aptitud. Considerando el Objetivo 1, Objetivo 2 y Objetivo 3, los espacios que generan conflicto en la asignación de usos del suelo son los siguientes: BBB, BMM, BAA, MAA, MMB, MBM, MMM, ABA, AMA, AAB, AAM y AAA.

El resultado corresponde a la obtención de tres mapas de conflictos para cada uno de los objetivos considerados y un mapa final con la totalidad de doce combinaciones en categorías de usos del suelo con potencialidad de conflicto (Figura 1).



En blanco combinaciones complementarias y en gris combinaciones conflictivas. Fuente: elaboración de los autores.

EJEMPLO DE APLICACIÓN: IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE POTENCIAL CONFLICTO ENTRE USOS DEL SUELO EN EL PARTIDO DE LUJÁN (PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Definiciones iniciales

El área de estudio corresponde al Partido de Luján, unidad político-administrativa de tercer orden (*Departamentos* o *Partidos* en la Provincia de Buenos Aires, en donde coinciden con los *Municipios*) en la República Argentina con una superficie de 853,20 km².

La base de datos se encuentra compuesta por una serie de capas temática en formato *raster* con las siguientes características: (1) 140x140 localizaciones, (2) 19600 localizaciones de las cuales 6400 corresponden al Partido de Luján y 13200 a otros partidos, (3) cada localización tiene 600 metros de lado y una superficie de 36 hectáreas (0,36 km²).

Las capas temáticas utilizadas son: Countries (nuevas urbanizaciones), Hidrografía (ríos, arroyos y bañados), Paisajes (regionalización), Población, Relieve, Rutas (nacionales y provinciales), Suelos y Urbano (aglomeraciones de las ciudades y principales localidades). Mediante el empleo de una estructura *raster* inicialmente han sido estandarizadas las técnicas del modelado cartográfico (Tomlin, 1990; DeMers, 2002). Consideradas cada una de las capas temáticas como un *criterio*, han permitido derivar los distintos factores y restricciones en la aplicación de la primera etapa de procedimientos, como *evaluación multicriterio* (tema tratado ampliamente por Gómez Delgado y Barredo Cano, 2006 y sintéticamente en Eastman, 2000) tendiente a la obtención de mapas de aptitud para la acogida de cada uno de los usos del suelo considerados.

La determinación de aptitudes corresponde al logro de objetivos parciales, es en esa instancia donde cada localización obtiene un valor de aptitud para servir como soporte a tres tipos de usos del suelo: urbano, agrícola o conservación. En este sentido, cada localización encuentra tensión ante la presión que le ejerza la expansión urbana, la producción agrícola o la necesidad de conservación.

Hacia la obtención de los mapas de aptitud

Aptitud urbana

La aptitud de cada localización para la expansión urbana ha sido calculada a partir de la utilización de 5 capas temáticas, en las cuales se han aplicado los siguientes procedimientos para la creación de factores:

(a) Countries (Categorías: barrios privados, clubes de chacra, clubes de campo).

Consideración única de los barrios privados y cálculo de distancias, aplicación de cálculo *fuzzy* (ver Burrough y McDonell, 1998) lineal decreciente (255-0 en distancias de 600 a 10000 metros).

Reclasificación de resultados en 9 intervalos de igual amplitud.

Criterio: Distancia a los barrios privados.

(b) Población (Categorías: <4000hab, 4000-8000hab, 8000-12000hab, 12000-16000hab, >16000). Reclasificación directa de cada categoría en valores 1, 3, 6, 9 y 0 respectivamente (el último valor se produce por corresponder a las localizaciones completamente urbanas de la ciudad central).

Criterio: Distribución de la Población.

(c) Relieve (Categorías: 0-10m, 10-20m, 20-30m, 30-40m, >40m). Reclasificación directa de cada categoría a valores 0, 1, 3, 6, 9 y 9 respectivamente.

Criterio: Altura del terreno.

(d) Rutas (Categorías: sin rutas, con rutas). Cálculo de distancias, aplicación de cálculo *fuzzy* lineal decreciente (255-0 en distancias de 600 a 10000 metros). Reclasificación de resultados en 9 intervalos de igual amplitud.

Criterio: Distancia a las rutas

(e) Urbano (Categorías: rural, urbano). Consideración única de las aglomeraciones urbanas. Cálculo de distancias, aplicación de cálculo *fuzzy* lineal decreciente (255-0 en distancias de 600 a 10000 metros). Reclasificación de resultados en 9 intervalos de igual amplitud.

Criterio: Distancias a áreas urbanas.

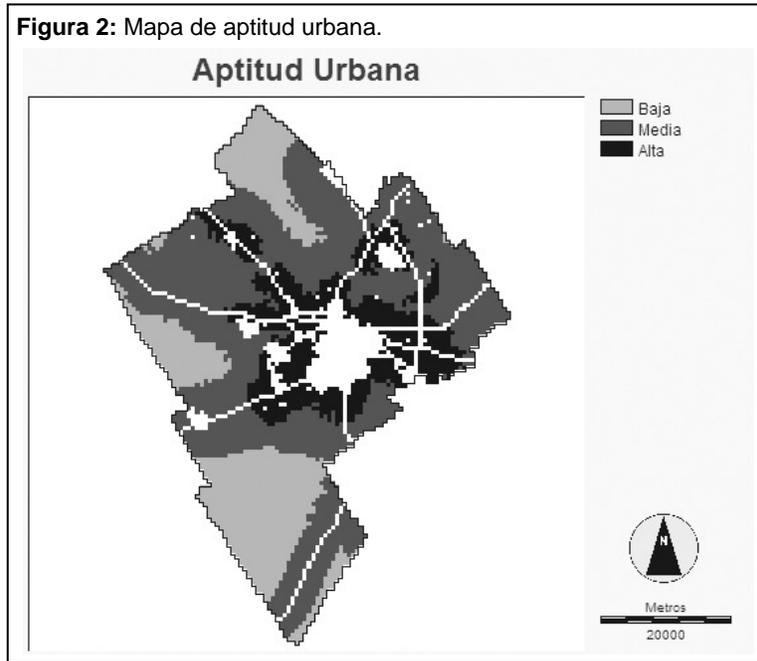
El método de ponderación consideró el siguiente ordenamiento en la importancia de los factores: rutas (1), countries (2), población (2), urbano (2) y relieve (3), brindando como resultado los valores 0,35; 0,18; 0,18; 0,18 y 0,11 respectivamente. Como restricciones fueron utilizados el mapa urbano y el de rutas.

El mapa *Aptitud Urbana* (Figura 2) presenta una reclasificación del resultado en tres categorías, base para la combinación posterior, ocupando el *eje objetivo 1* del cubo que permite la tabulación cruzada en tres dimensiones (ver Figura 1).

Aptitud Agrícola

La aptitud de cada localización para la expansión de la actividad agrícola ha sido calculada a partir de la utilización de 3 capas temáticas, en las cuales se han aplicado los siguientes procedimientos para la creación de factores:

(a) Paisajes (Categorías: LOct *Ilanura ondulada con cultivo tradicional*, CCEc *cabeceras de cañadas y estancias de ganadería de carne y lechería*, COat *campo ondulado con agricultura tradicional*, PDpc *planos deprimidos con pasturas implantadas y campo natural*, LAcl *Ilanura alta ondulada con cultivo tradicional y ganadería no convencional*, Pocp *planicie ondulada con cultivos anuales y pasturas implantadas* y U *urbano*). Clasificación realizada por Jorge Morello (GEPAMA) Reclasificación directa de cada categoría a valores 9, 3, 9, 3, 6, 6 y 1 respectivamente.



Criterio: Paisajes.

(b) Relieve (Categorías: 0-10m, 10-20m, 20-30m, 30-40m, >40m). Reclasificación en el siguiente orden: 0, 1, 3, 6, 9 y 9.

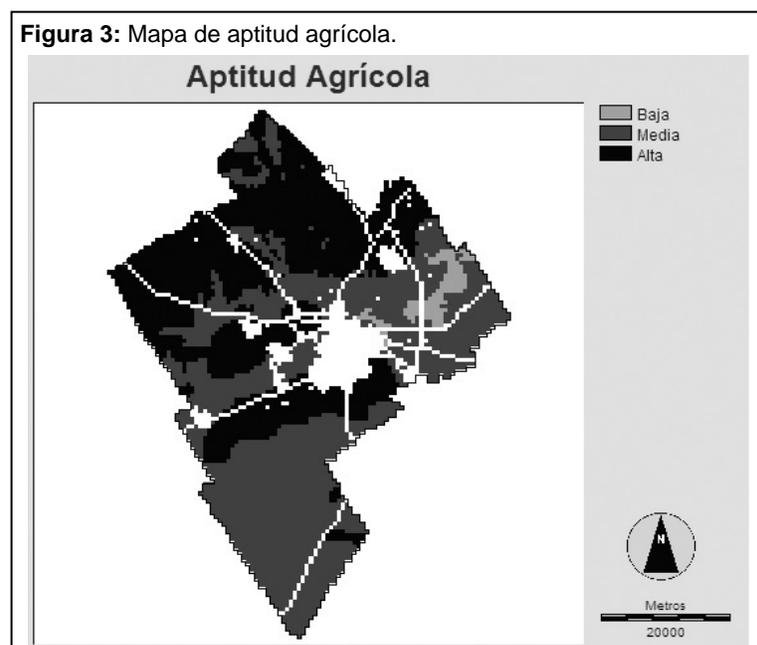
Criterio: Altura del terreno.

(c) Suelos (Categorías: Suelo1-sin limitaciones, Suelo2-limitación drenaje, Suelo 3-limitación drenaje-salinidad-alkalinidad, Suelo 4-limitación drenaje-alkalinidad, Suelo 5-limitación drenaje-alkalinidad, Suelo 6-limitación drenaje). Reclasificación directa de cada categoría a valores 9, 6, 1, 3, 3 y 6 respectivamente.

Criterio: Limitación de los suelos.

La aplicación del método de ponderación consideró el siguiente ordenamiento en la importancia de las capas temáticas: Relieve (1), Suelos (1), Paisaje (2), brindando como resultado los valores 0,40; 0,40 y 0,20 respectivamente.

El mapa *Aptitud Agrícola* (Figura 3) presenta una reclasificación del resultado en tres categorías, base para la combinación posterior, ocupando el *v objetivo 2* del cubo que permite la tabulación cruzada en tres dimensiones (ver Figura 1).



Aptitud para la conservación

La aptitud de cada localización para su conservación ha sido calculada a partir de la utilización de 2 capas temáticas, de las cuales se han derivado 3 factores, en las cuales se han aplicado los siguientes procedimientos para la creación de factores:

(a) Hidrografía. (Categorías: sin cursos de agua, curso principal-río Luján, cursos secundarios-arroyos, bañados). Primer criterio derivado. Discriminación de cursos fluviales. Aptitud en base a la distancia (1 localización = 600 metros). Reclasificación directa en valor 9.

Criterio: Distancia a cursos fluviales.

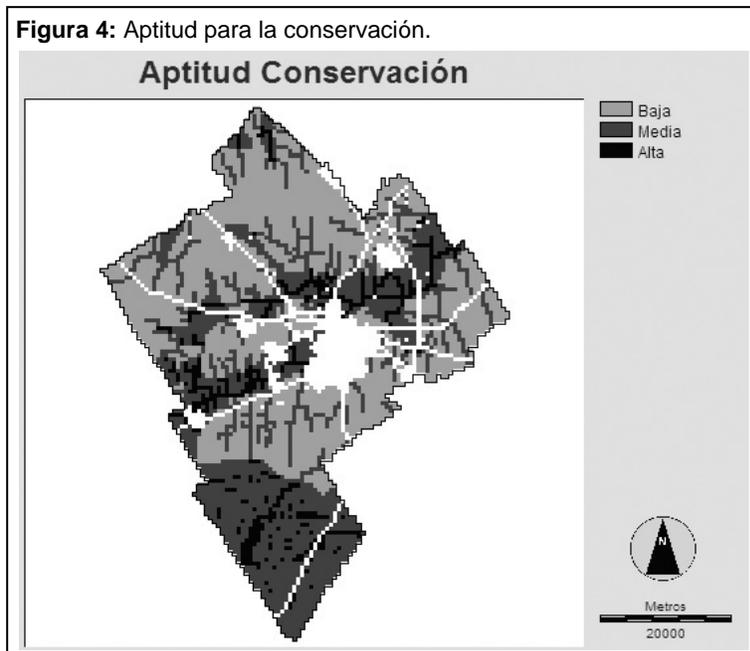
(b) Hidrografía (Categorías: sin cursos de agua, curso principal-río Luján, cursos secundarios-arroyos, bañados). Segundo criterio derivado. Discriminación de bañados. Cálculo de distancias, aplicación de cálculo *fuzzy* lineal decreciente (255-0 en distancias de 600 a 5000 metros). Reclasificación de resultados en 9 intervalos de igual amplitud.

Criterio: Distancia a bañados.

(c) Paisajes (Categorías: LOct, CCEc, COat, PDpc, LAcl, Pcp y U). Reclasificación directa de cada categoría a valores 3, 9, 6, 9, 6, 3 y 1 respectivamente.

La aplicación del método de ponderación consideró el siguiente ordenamiento en la importancia de las capas temáticas: Paisajes (1), Hidrografía-cursos fluviales (2) e Hidrografía-bañados (3), brindando como resultado los valores 0,55; 0,27 y 0,18 respectivamente.

El mapa *Aptitud Conservación* (Figura 4) presenta una reclasificación del resultado en tres categorías, base para la combinación posterior, ocupando el *eje objetivo 3* del cubo que permite la tabulación cruzada en tres dimensiones (ver Figura 1).



Síntesis espacial: hacia la obtención de mapas con zonas de potencial conflicto

La identificación de zonas se realiza a través de la combinatoria de categorías de los mapas presentados anteriormente como objetivos parciales.

El mapa *Aptitud Urbana* fue reclasificado en centenas (los valores pasaron de 1 a 100, de 2 a 200 y de 3 a 300), el mapa *Aptitud Agrícola* fue reclasificado en decenas (los valores pasaron de 1 a 10, de 2 a 20 y de 3 a 30) y el mapa *Aptitud Conservación* quedó con sus valores originales (1, 2 y 3).

Al sumar las tres capas temática de aptitud (con 3 categorías cada una: 1-baja, 2-media y 3-alta) se produce una nueva capa temática con un total de 27 combinaciones. A continuación se presentan estas combinaciones divididas en aquellas que producen zonas de potencial conflicto (12 resultados) y aquellas que no (15 resultados).

Las combinaciones de categorías con potencial conflicto son: (111) Conflicto urbano-agrícola-conservación*, (122) Conflicto agrícola-conservación, (133) Conflicto agrícola-conservación, (212)

Conflicto urbano-conservación, (221) Conflicto urbano- agrícola, (222) Conflicto urbano- agrícola - conservación*, (233) Conflicto agrícola –conservación, (313) Conflicto urbano-conservación, (323) Conflicto urbano-conservación, (331) Conflicto urbano- agrícola, (332) Conflicto urbano- agrícola, y (333) Conflicto urbano- agrícola -conservación*.

El asterisco (*) indica un conflicto mayor, donde existe similar aptitud en las tres categorías, y el doble asterisco (**) indica un conflicto moderado, donde existe similar aptitud en dos categoría por sobre la restante.

Las combinaciones de categorías sin potencial conflicto son: (112) Localización conservación, (113) Localización conservación, (121) Localización agrícola, (123) Localización conservación, (131) Localización agrícola, (132) Localización agrícola, (211) Localización urbana, (213) Localización conservación, (223) Localización conservación, (231) Localización agrícola, (232) Localización agrícola, (311) Localización urbana, (312) Localización urbana, (321) Localización urbana, y (322) Localización urbana.

Los resultados obtenidos para el partido de Luján se presentan en el Cuadro 1 y su agregación en categorías genéricas en el Cuadro 2.

CONSIDERACIONES FINALES

Las técnicas de evaluación multicriterio se han convertido en una de las más interesantes líneas de aplicación de la *verticalización* (Eastman, 2007) de la tecnología SIG como herramienta de apoyo al ordenamiento territorial. Basado en ellas, el método LUCIS presenta una serie de procedimientos que ligan aspectos cuantitativos y cualitativos tendientes a la identificación de zonas de potencial conflicto en cuanto a la expansión de usos del suelo. El resultado presenta una configuración que brinda utilidad para la toma de decisiones con la finalidad de planificación regional del área de estudio, regulación ambiental, regulación de los usos del suelo y/o la orientación del crecimiento urbano.

CUADRO 1: Resultados combinatorios para el Partido de Luján (12 zonas de conflicto potencial).

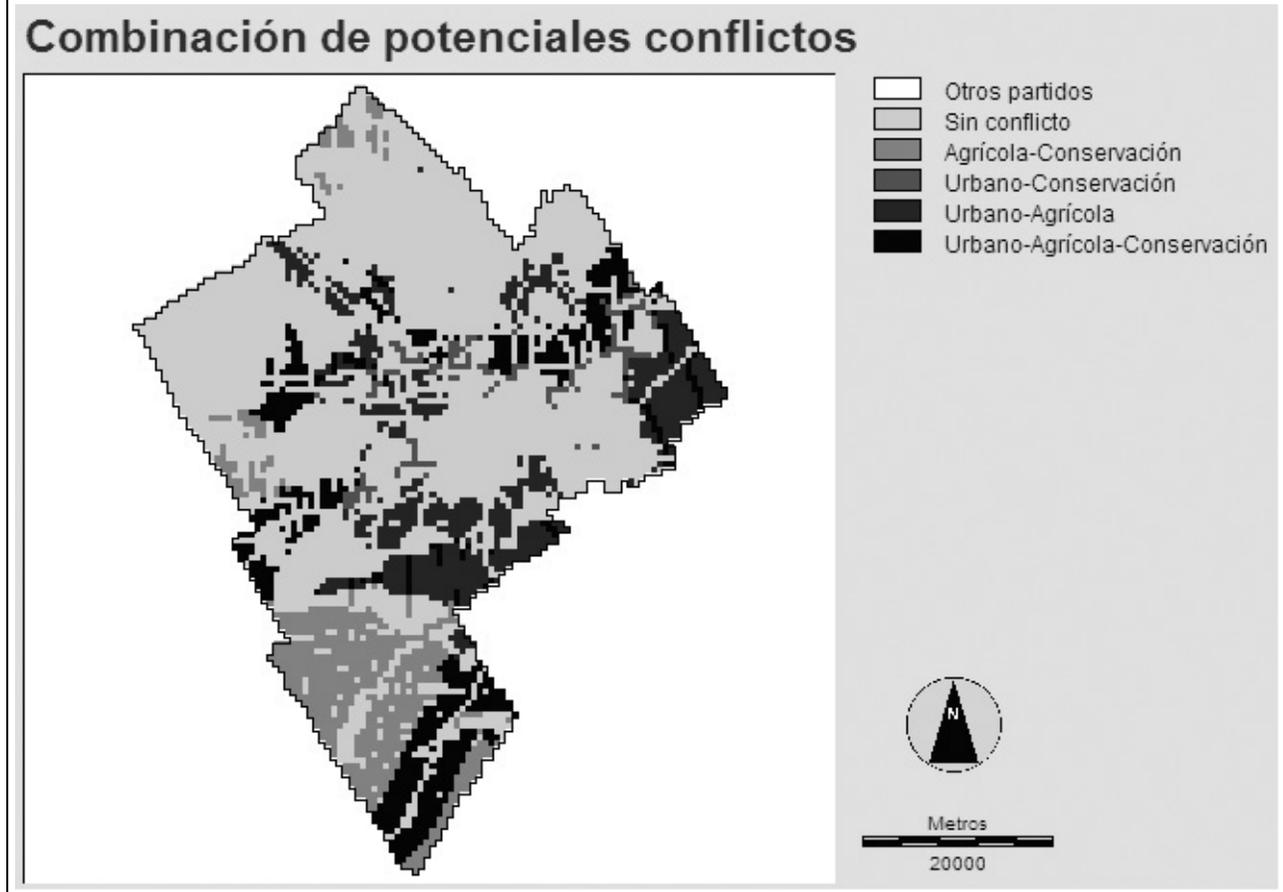
Combinación	Aptitudes dominantes	Superficie (km ²)	Porcentual
111	Urbano-Agrícola-Conservación	No se produce	-
122	Agrícola-Conservación	248,40	10,78 %
133	Agrícola-Conservación	No se produce	-
212	Urbano-Conservación	11,88	0,51 %
221	Urbano-Agrícola	148,32	6,44 %
222	Urbano-Agrícola-Conservación	267,12	11,59 %
233	Agrícola-Conservación	2,52	0,11 %
313	Urbano-Conservación	0,36	0,02 %
323	Urbano-Conservación	39,60	1,72 %
331	Urbano-Agrícola	135	5,86 %
332	Urbano-Agrícola	No se produce	-
333	Urbano-Agrícola-Conservación	No se produce	-
Total	Conflictos completos	853,20	37,03 %

CUADRO 2: Resultados combinatorios de agregación por potencial conflicto a partir de los datos del cuadro 4.

Combinación	Aptitudes dominantes	Superficie (km ²)	Superficie%
122-233	Agrícola-Conservación	250,92	10,89 %
212-313-323	Urbano-Conservación	51,84	2,25 %
221-331	Urbano-Agrícola	283,32	12,30 %
222	Urbano-Agrícola-Conservación	267,12	11,59 %
Total	Conflictos completos	853,20	37,03 %

El mapa *Combinación de potenciales conflictos* (Figura 5) presenta la distribución espacial de los resultados presentados en el Cuadro 2.

Figura 5: Combinación de potenciales de conflicto.



La aplicación del método a los datos espaciales del Partido de Luján ha mostrado su importante aptitud en cuanto a la construcción de una herramienta modelística para la toma de decisiones. Corresponde a un resultado de una *Geografía Aplicable* con importantes posibilidades de avanzar hacia una *Geografía Aplicada* (Phlipponneau, 2001) transferible a organismos de gestión y planificación en la búsqueda de mitigar los efectos socioespaciales negativos de la competencia por el territorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Baxendale, C.A. 2007. Región y estudios regionales. Consideraciones desde los diferentes enfoques de la Geografía. *Fronteras* 6(6):29-36.
- Burrough, P. A. y R. A. McDonnell. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.
- Buzai, G. D. y C. A. Baxendale. 2006. *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar Editorial, Buenos Aires.
- Carr, M. H. y P. D. Zwick. 2006. Using GIS suitability analysis to identify potential future land use conflicts in north central Florida. *Journal of Conservation Planning* 1(1): 89-105.
- Carr, M. H. y P. D. Zwick. 2007. *Smart Land-Use Analysis. The LUCIS Model*. ESRI Press, Redlands.

- DeMers, M. 2002. GIS Modeling in Raster. John Wiley, New York.
- Eastman, J. R. 2000. Decision Strategies in GIS. Directions Magazine. (www.directionsmag.com).
- Eastman, J. R. 2007. La verticalización de los Sistemas de Información Geográfica. En: G.D. Buzai (Ed.) Memorias XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. SIBSIG-UNLU, Luján. Pp: 183-195.
- García, R. 2006. Sistemas Complejos. Gedisa, Barcelona.
- Gómez Delgado, M. e I. Barredo Cano. 2006. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Alfaomega-Ra-Ma, México DF.
- Jankowski, P. y T. Nyerges. 2001. GIS-Supported Collaborative Decision Making: Results of an Experiment. Annals of the Association of American Geographers 91(1): 48-70.
- Malczewski, J. 1999. GIS and multicriteria decisión analysis. John Wiley & Sons, New York.
- Philipponneau, M. 2001. Geografía Aplicada. Ariel, Barcelona.
- Tomlin, C. D. 1990. Geographic Information Systems and Cartographic Modeling. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Wilson, J.P. y P. A. Burrough. 1999. Dynamic Modeling, Geostatistics, and Fuzzy Classification: New Sneakers for a New Geography? Annals of the Association of American Geographers 89(4): 736-746.