

Identificación de áreas con potencial conflicto entre usos del suelo en la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina)

Principi Noelia¹, Buzai Gustavo^{1, 2}

1 Instituto de Investigaciones Geográficas (INIGEO), Universidad Nacional de Luján
Ruta Nacional N° 5 y Av. Constitución, (6700), Luján, Argentina.

2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
prodissig@unlu.edu.ar / www.prodissig.unlu.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo encuentra sus fundamentos a partir de las problemáticas desencadenadas por la dinámica del crecimiento urbano en la cuenca del río Luján, un espacio regional de 3.778 km². El objetivo es determinar zonas de potencial conflicto ante la evolución espacial de los usos del suelo urbano-rural-conservación en la cuenca.

Para lograrlo se han realizado bases de datos en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la aplicación de métodos de análisis espacial basados en las técnicas del modelado cartográfico, principalmente la evaluación multicriterio y el método LUCIS (Land Use Conflict Identification Strategy). El resultado final muestra que 1.577,94 km² presentan potencialidad de conflictos entre usos del suelo, lo que abarca un 41,76% del área de estudio.

La presentación incluye el marco metodológico de la investigación hacia la presentación de mapas parciales (aptitud urbana, aptitud rural y aptitud para la conservación) y el mapa final de potenciales conflictos.

Los resultados constituyen una importante herramienta transferida desde el ámbito académico hacia el ámbito de la gestión con la finalidad de apoyar los procesos de toma de decisiones. En este sentido se discute el rol de la Geografía Aplicada como campo científico productor de conocimientos de gran aptitud para las tareas del diagnóstico y propuestas en el marco del Ordenamiento Territorial.

Palabras clave: **Geografía Aplicada, Análisis Regional, SIG, Evaluación Multicriterio, LUCIS.**

ABSTRACT

The present paper is based on the problems triggered by the dynamics of urban growth in the Luján river basin, a regional area of 3,778 km². Areas of potential conflict will be identified in relation to the spatial evolution of urban-rural-conservation land uses in the basin.

To achieve this, geographic information systems (GIS) databases have been developed for the application of spatial analysis methods based on cartographic modeling techniques, mainly multicriteria evaluation and Land Use Conflict Identification Strategy (LUCIS). The final result shows that 1,577.94 km² have potential for conflicts between land uses, which covers 41.76% of the study area.

The presentation includes the theoretical framework of the research and its methodological development towards the presentation of partial maps (urban aptitude, rural aptitude and conservation aptitude) and the final map of potential conflicts.

The results constitute an important tool transferred from the academic scope to the scope of the management with the purpose of supporting the processes of decision making. In this sense, the role of Applied Geography as a scientific field producing knowledge of great aptitude for the tasks of diagnosis and proposals within the framework of Territorial Planning is discussed.

Keywords: *Applied Geography, Regional Analysis, GIS, Multicriterial Evaluation, LUCIS.*

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación denominado “Análisis espacial y evaluación de zona de potenciales conflictos ambientales, productivos y patrimoniales ante la expansión urbana en la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina)”¹, que se realiza en la Universidad Nacional de Luján (UNLu) con apoyo financiero de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT).

La aplicación que se presenta tiene como objetivo obtener mapas de aptitud para el desarrollo o expansión agrícola, urbana y de conservación y a partir de ellos poder determinar la distribución espacial de las áreas con potencialidad de conflicto entre diferentes usos del suelo en la cuenca del río Luján.

La determinación de la competencia espacial y la identificación de escenarios de potencial conflicto entre diferentes usos del suelo permiten dar cuenta de la dinámica urbano-regional de esta área de la Provincia de Buenos Aires. A partir de técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) con SIG se puede analizar el espacio geográfico con fines de apoyo a su planificación, ya que es posible investigar un número de alternativas entre múltiples criterios y objetivos. Conocer y analizar las áreas que presentarían conflictos a futuro, permitirá movilizar mecanismos de toma de conciencia, gestión, decisión y planificación a partir de estrategias que prioricen el ordenamiento territorial, basadas en herramientas de apoyo para la decisión espacial, en el marco de una Geografía Aplicada.

II. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Luján (figura 1) se ubica en el noreste de provincia de Buenos Aires, se extiende en sentido suroeste a noreste, ocupando una superficie de 3761 km². Es la cuenca más extensa del Área Metropolitana de Buenos Aires. Al norte la cuenca limita con las cuencas del arroyo de la Cruz y del río Areco; al oeste y al sur con la cuenca del río Salado y al sureste con la cuenca del río Reconquista.

La delimitación de la cuenca del río Luján fue actualizada por Lanzelotti y Buzai (2015), a partir de un ajuste en los límites de la misma realizada con la utilización de imágenes satelitales SRTM y ASTERDEM7 y procesadas con el complemento ArcHydro de ARCGIS 10.1 y corregidas mediante interpretación visual de imágenes.

La cuenca alta se caracteriza por presentar zonas principalmente rurales, llegando a la cuenca baja que se encuentra en unas de las regiones urbanas de mayor importancia a nivel mundial, la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires.

Los partidos bonaerenses que integran la cuenca son Campana, Escobar, Exaltación de la Cruz, General Rodríguez, José C. Paz, Luján, Malvinas Argentinas, Mercedes, Moreno, Pilar, San Andrés de Giles, Carmen de Areco, Chacabuco, San Fernando, Suipacha y Tigre.

La topografía general de la cuenca es suave, las máximas alturas se localizan en el oeste, llegando aproximadamente a los 60 msnm y descendiendo en sentido sureste hasta alcanzar el nivel del mar. Los rasgos singulares del río Luján son propios de los de zonas de escasa o nula pendiente. Las cotas fluctúan entre los 46 y 58 m con una media del tramo superior que ronda los 47 m (Paso Viola, 2016).

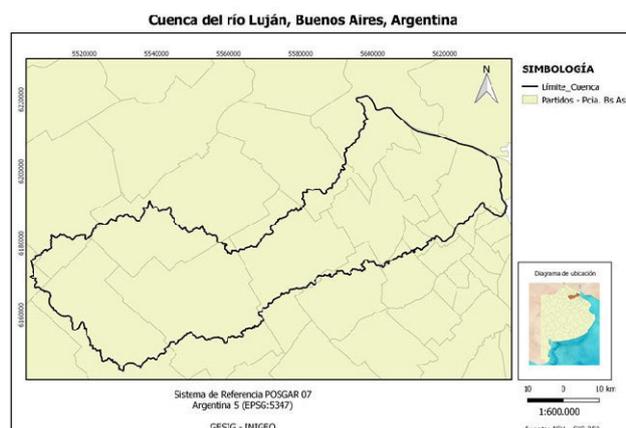


Figura 1. Área de estudio

III. EVALUACIÓN MULTICRITERIO

La EMC consiste en un conjunto de técnicas que están orientadas a facilitar el proceso de toma de decisiones. Se evalúan diferentes alternativas a través de múltiples criterios en función de un objetivo específico o varios objetivos. El objetivo dentro de la EMC se entiende como el tipo de regla de decisión a utilizar, en cambio los criterios son el punto de referencia para la decisión a ser tomada, en este sentido es muy importante que los criterios puedan ser medidos y evaluados.

El análisis de EMC comienza con una información básica compuesta por variables o capas temáticas en formato cartográfico que sirven como criterios para realizar los procedimientos de evaluación. Hay dos tipos de criterios: factores o limitantes. Aquellos que presentan valores continuos de aptitud locacional en cada variable son llamados factores. El criterio de tipo limitante, también denominado restricción, actúa con la finalidad de asignar resultados en un sector de-

¹ Proyecto PICT 2014-1388. Director: Gustavo D. Buzai, Co-directora: Sonia L. Lanzelotti, Investigadores Luis Humacata, Noelia Principi, Gabriel Acuña Suárez y Claudia A. Baxendale. Vigencia 2016-2018

limitado del área de estudio con fin restrictivo. Mientras las primeras realzan la posibilidad de algunas posibilidades, los segundos restringen la disponibilidad de algunas alternativas en función de lo que se está evaluando.

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.

Estas relaciones pueden visualizarse en triángulo de decisiones estratégicas (Figura 2) formado por un espacio de relaciones en el interior de dos ejes ortogonales. En el eje x se presenta el nivel de riesgo y en el eje y el nivel de compensación. Las soluciones posibles están entre los métodos booleanos por multiplicación, con análisis de riesgo mínimo sin compensación, a través de la suma donde se presenta un escalonamiento hacia el riesgo máximo sin compensación, y, por última, la combinación lineal ponderada donde se presenta un análisis de riesgo medio con máxima compensación (Buzai y Baxendale, 2011).

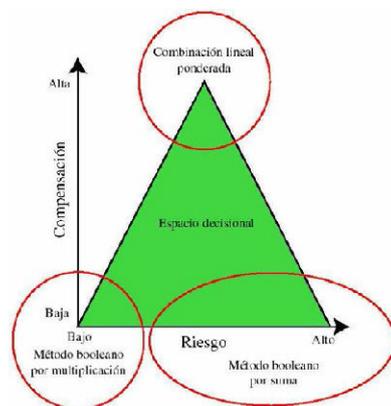


Figura 2. Triángulo de decisiones locales estratégicas

La regla de decisión, entonces, debe permitirnos integrar de manera coherente los diferentes criterios implicados en la evaluación, ya que es el procedimiento por el que se obtiene una evaluación particular y nos sirve para comparar, a través de ella, diferentes tipos de evaluaciones. Una vez que la regla de decisión está estructurada, el paso siguiente que es la aplicación es lo que se denomina evaluación y será lo que finalmente generará el modelo de decisión. Una regla de decisión, por ejemplo, puede ser tan simple como aplicar un buffer de distancia para la localización de alguna actividad específica. Cuando comenzamos a integrar diferentes criterios de manera coherente en la regla de decisión, esta se va complejizando y aquí la EMC es donde cobra su mayor importancia.

IV. LAND USE CONFLICT IDENTIFICATION STRATEGY (LUCIS)

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

El modelo contempla la realización de seis pasos como camino de resolución hacia la obtención de un mapa con las áreas de potenciales conflictos entre usos del suelo urbano, agrícola y de conservación:

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 y actividades de la producción secundaria y terciaria, el uso agrícola para la expansión de la producción primaria, principalmente la agricultura y el uso de conservación para la protección ecológica.
2. Creación de la base de datos espacial: Se realiza generando una serie de capas temáticas con 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).
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 o se utiliza una metodología para la obtención de los números representativos de la importancia de cada factor, como el método de ponderación por ranking recíproco (Malczewski, 1999). El procedimiento de asignación de importancias puede estar apoyado por la colaboración entre expertos en cada temática involucrada (Jankowski y Nyerges, 2001) y matemáticamente cumple las siguientes características:

$$\sum p_i = 1 \quad [1]$$

$$0 < p_i \leq 1 \quad [2]$$

5. Aplicación de la regla de decisión y reclasificación de resultados: Se ejecuta 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:

$$I_i = \sum p_i x_i \quad [3]$$

o integrando restricciones espaciales incorporando la multiplicatoria de capas booleanas

$$I_i = \sum p_i x_i \prod r_j \quad [4]$$

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

$$1 \leq ac \leq 3 \quad [5]$$

El resultado corresponde a tres mapas de aptitud reclasificada para cada objetivo en aptitudes altas (A), media (M) y baja (B).

6. Identificación de áreas 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 que presenta las 27 combinaciones posibles de los tres mapas de aptitud considerados el Objetivo 1, Objetivo 2 y Objetivo 3 (figura 3). Los espacios que generan conflicto en la asignación de usos son los siguientes: BBB, MBM, ABA, MMB, BMM, MMM, AMA, AAB, AAM, BAA, MAA y AAA destacados en color más oscuro.

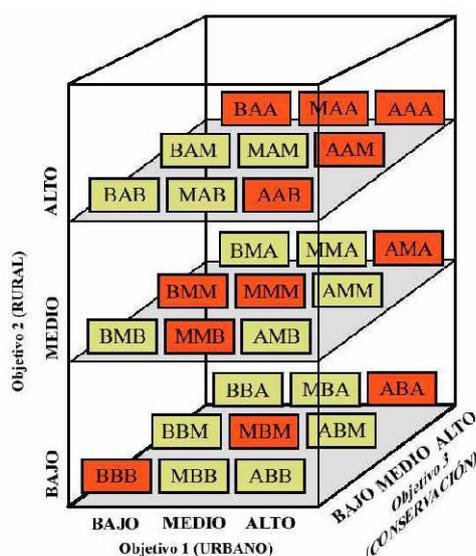


Figura 3. Combinación de objetivos y determinación de situaciones de potencial conflicto entre usos del suelo

V. APLICACIÓN Y RESULTADOS

DEFINICIONES PRELIMINARES Y ANÁLISIS DE APTITUD

Las definiciones preliminares consistieron en evaluar diferentes capas temáticas que podrían ser incluidas en el análisis de EMC considerando el objetivo: aptitud urbana. Se consideraron las variables del proyecto SIG-250 del Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina (IGN) y se consideraron aquellas que contenían información relevante para el logro de los objetivos. Todas las variables, en formato shapefiles debieron ser convertidas al formato vectorial nativo del software IDRISI Selva 17.0, con el que se realizó la aplicación metodológica, y luego convertidas a formato raster para poder aplicar la EMC, en un módulo específico que el programa tiene para esta metodología. En este punto la intervención del investigador es importante al definir qué variables se incluyen dentro de las posibilidades existentes, considerando la significancia que posean para lograr el objetivo: expansión o desarrollo del uso del suelo urbano, agrícola o de conservación.

CRITERIOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS MAPAS DE APTITUD

Con las variables seleccionadas se procede a la creación de los criterios o factores para luego aplicar las técnicas de EMC. En este punto se debe determinar la importancia de cada criterio en la resolución de cada objetivo específico. Para lograr este resultado se considera el conocimiento teórico de la problemática, los reglamentaciones que pudieran apoyar las determinaciones o las consultas a expertos en diferentes temáticas.

Se obtienen factores con valores que oscilan entre 0-255, ya que se someten a una estandarización difusa que permite obtener mapas de aptitud continua para cada criterio, oscilando entre los extremos apto-no apto. Luego, a partir de una combinación basada en un método de EMC se llega al mapa de aptitud que contemplará tres categorías de aptitud, que se obtendrán a partir del procedimiento de reclasificación: baja (entre 0 y 85), media (entre 85 y 170) y alta (entre 170 y 255).

Es importante aclarar que todos los mapas son multiplicados por el mapa de áreas urbanas actuales booleano, como restricción, que deja en valor 0 las áreas que actualmente son de uso urbano y con valor 1 el resto. Esto se realiza para no considerar en el análisis las áreas que ya están consolidadas como urbanas y que por sus características físicas podrían ser aptas para algún otro uso.

HACIA LA OBTENCIÓN DEL MAPA DE APTITUD URBANA

La aptitud urbana se calculó a partir de 5 capas temáticas, en las cuales fueron aplicados los siguientes procedimientos para la creación de factores:

- (1) Áreas urbanas. Consideración de áreas urbanas actuales y cálculo de distancias, aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 en distancias de 0 a 2000 metros).
- (2) Red vial. Consideración de red vial (incluye rutas nacionales y provinciales, caminos pavimentados y de tierra) y cálculo de distancias, aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 en distancias de 0 a 3000 metros).
- (3) Estaciones de ferrocarril. Consideración de las estaciones de ferrocarril y cálculo de distancias, aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 en distancias de 0 a 2000 metros).
- (4) Bañados: terrenos bajos y húmedos, a trechos cenagosos y a veces inundado por aguas pluviales o por las de un río o laguna cercana. Consideración de los bañados como 0, aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 en distancias 0 a 10000 metros de los bañados).
- (5) Cursos de agua. Consideración de los cursos de agua, cálculo de un buffer de distancia de 1000 metros y luego cálculo de distancias, aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 en distancias de 0 a 2000 metros considerando el buffer).

El método de ponderación por ranking recíproco consideró el siguiente orden en la importancia de los factores: áreas urbanas (1), red vial (2), cursos de agua (3), bañados (3) y estaciones de ferrocarril (4), dando como resultado las ponderaciones 0,41; 0,21; 0,14; 0,14 y 0,10 respectivamente.

El mapa de aptitud urbana (figura 4) presenta una reclasificación del resultado en tres categorías, base para la combinación posterior, correspondiente al objetivo 1 que ocupa el eje x en la figura 3.

HACIA LA OBTENCIÓN DEL MAPA DE APTITUD AGRÍCOLA

La aptitud agrícola se calculó a partir de la utilización de 3 capas temáticas, en las cuales fueron aplicados los siguientes procedimientos para la creación de factores:

- (1) Relieve (Categorías: 0-10m, 10-20m, 20 -30m, 30-40m, 40-50m y 50-60m). Aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 la cobertura de mayor aptitud en la categoría de mayor altura)
- (2) Suelos (Categorías: uso de tierra mixto; plantaciones perennes; bosque artificial; cañadas; bañados; ciénaga, tremedal, tembladeral; paleocauce o cauce abandonado; cordones o

acumulación de conchillas y planta urbana). Reclasificación en el siguiente orden: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 respectivamente. Aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 la cobertura de mayor aptitud en la primera categoría)

- (3) Infraestructura rural. Consideración de la infraestructura rural existente y cálculo de distancias, aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 en distancias de 0 a 4000 metros).

El método de ponderación por ranking recíproco consideró el siguiente orden en la importancia de los factores: Relieve (1), Suelos (1), Infraestructura rural (3), dando como resultado los valores 0,43; 0,43 y 0,14 respectivamente.

El mapa de aptitud urbana (figura 5) presenta una reclasificación del resultado en tres categorías, base para la combinación posterior, correspondiente al objetivo 2 que ocupa el eje y en la figura 3.

HACIA LA OBTENCIÓN DEL MAPA DE APTITUD PARA LA CONSERVACIÓN

La aptitud para la conservación ha sido calculada a partir de la utilización de 3 capas temáticas, a partir de la aplicación de los siguientes procedimientos para la creación de factores:

- (1) Suelos. (Categorías: bañados; cañadas; paleocauce o cauce abandonado; ciénaga, tremedal, tembladeral; cordones o acumulación de conchillas; bosque artificial; plantaciones perennes, uso de tierra mixto y planta urbana). Reclasificación en el siguiente orden: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 respectivamente. Aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 la cobertura más óptima la primera)
- (2) Cursos de agua. Consideración de los cursos de agua y cálculo de distancias, aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 en distancias de 0 a 1000 metros).

Criterio: Distancia a cursos de agua

- (3) Cuerpos de agua. Consideración de los cuerpos de agua y cálculo de distancias, aplicación de cálculo fuzzy lineal decreciente (255-0 en distancias de 0 a 1000 metros).

El método de ponderación por ranking recíproco consideró el siguiente orden en la importancia de los factores: Suelos (1), Cursos de agua (2) Cuerpos (2), dando como resultado los valores 0,50; 0,25 y 0,25 respectivamente.

El mapa de aptitud para la conservación (figura 6) presenta una reclasificación del resultado en tres categorías, base para la combinación posterior, correspondiente al objetivo 3 que ocupa el eje z en la figura 3.

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CON POTENCIALES CONFLICTOS ENTRE USOS DEL SUELO

Para continuar con la aplicación del método LUCIS se realizó una nueva reclasificación de los mapas, ya que se necesitan los mapas es unidades, decenas y centenas para obtener todas las posibles combinaciones de zonas con o sin conflictos. Por ejemplo una combinación "333", sería una combinación altamente conflictiva, ya que sería de alta aptitud para los tres objetivos.

Con los mapas reclasificados se realiza la suma de los mismos y se obtiene un mapa con todas las combinaciones posibles entre los diferentes usos del suelo, conflictivas o no. Este mapa es el que permite obtener, a partir de la reclasificación y extracción de combinaciones conflictivas, el mapa final de potenciales conflictos agrupados (figura 7).

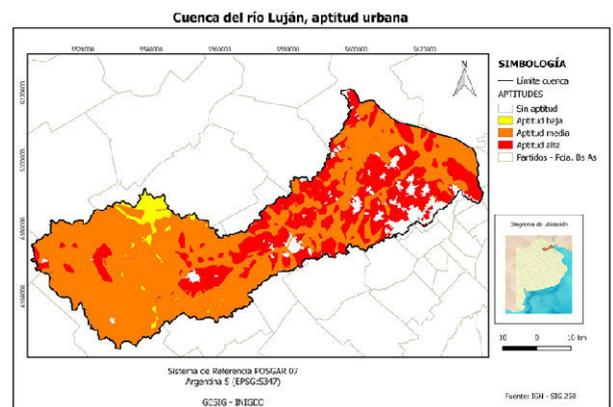


Figura 4. Mapa de aptitud urbana.

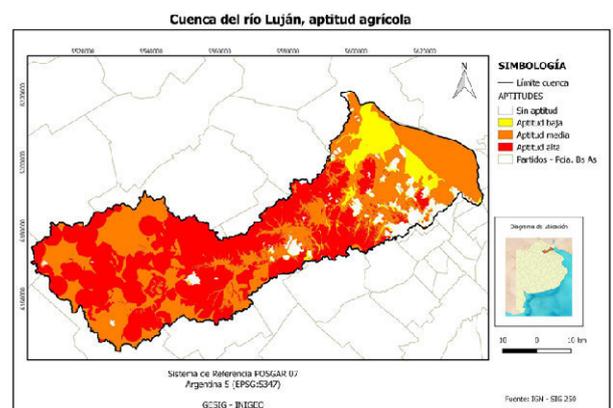


Figura 5. Mapa de aptitud agrícola

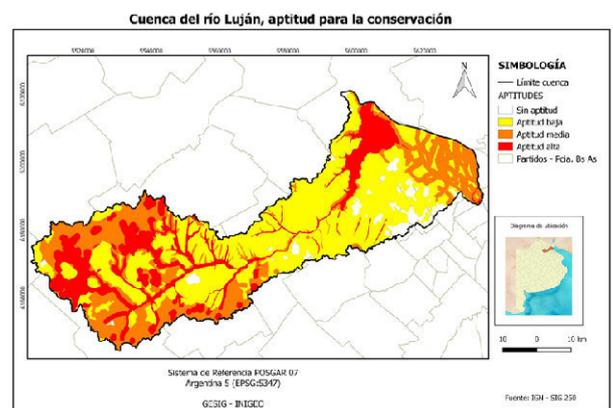


Figura 6. Mapa de aptitud para la conservación

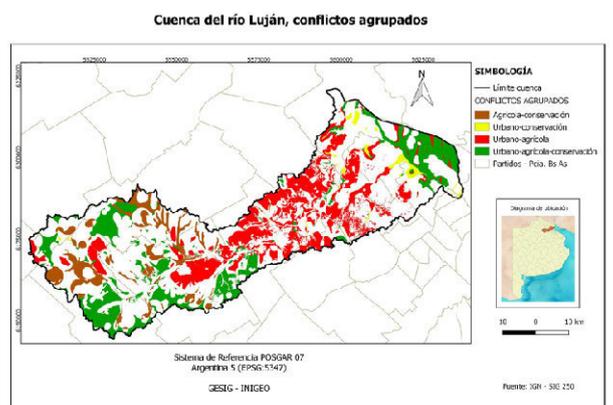


Figura 7. Mapa de conflictos entre usos del suelo agrupados

A partir del mapa de combinación de objetivos se pueden obtener de manera detallada las áreas de cada zona conflictiva en kilómetros cuadrados. A continuación se presentan los datos de conflictos desagregados y luego los conflictos agrupados.

TABLA I
RESULTADOS DESAGREGADOS DE ÁREAS CON POTENCIAL CONFLICTO ENTRE USOS DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN

COMBINACIÓN	APTITUDES DOMINANTES	SUPERFICIE (KM ²)
111	Urbano-Agrícola-Conservación	No se produce
122	Agrícola-Conservación	35,02
133	Agrícola-Conservación	13,67
212	Urbano- Conservación	27,92
221	Urbano-Agrícola	188,43
222	Urbano-Agrícola-Conservación	562,05
233	Urbano- Conservación	203,57
313	Urbano- Conservación	13,33
323	Urbano- Conservación	8,37
331	Urbano-Agrícola	516,19
332	Urbano-Agrícola	7,41
333	Urbano-Agrícola-Conservación	1,98
TOTAL	Conflictos completos	1577,94

TABLA II
RESULTADOS AGRUPADOS DE ÁREAS CON POTENCIAL CONFLICTO ENTRE USOS DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN

COMBINACIÓN	APTITUDES DOMINANTES	SUPERFICIE (KM ²)
122-233-233	Agrícola-Conservación	252,26
212-313-323	Urbano-Conservación	49,62
221-331-332	Urbano-Agrícola	712,03
222-333	Urbano-Agrícola- Conservación	564,03
TOTAL	Conflictos completos	1577,94

VI. CONCLUSIONES

El mapa de aptitud urbana (figura 4), se observa que la mayor aptitud de expansión del uso urbano se localiza en las zonas cercanas al uso urbano actual, esto está vinculado a que en la definición de criterios y aplicación de la regla de decisión el criterio de uso urbano actual tuvo la mayor ponderación, con un peso de 0.41. El mapa de aptitud agrícola (figura 5), se observa que las áreas más aptas son las que corresponden al uso mixto de la tierra (agrícola-ganadero), según la clasificación de las coberturas del suelo del IGN. Mientras que las zonas de bañados y de acumulación de conchillas presentan las aptitudes más bajas. En este caso, los criterios considerados dieron mayor ponderación a las coberturas del suelo y, dentro de estas, específicamente al área de uso mixto de la

tierra, además de considerar las alturas más propicias para el desarrollo agrícola. Finalmente, en el caso del mapa de aptitud para la conservación (figura 6) muestran mayor aptitud las áreas de bañados y los cursos y cuerpos de aguas y sus áreas cercanas, considerándose estas áreas como de mucha importancia para conservación de la biodiversidad.

Los resultados combinatorios de los mapas objetivos permitieron obtener el mapa final de conflictos entre usos del suelo (figura 7), con las tablas correspondientes donde aparece la superficie que presentaría conflicto según el tipo de uso del suelo. La combinación urbano-agrícola-conservación (111) es la única que no presenta superficie con conflicto. Sin embargo, existen 5 combinaciones más que presentan valores de conflictos muy bajos, que representan una superficie menor a 15 km². Estas combinaciones son: 133, 313, 323, 332 y 333.

En la tabla II, con las áreas de conflictos agrupados, aparece la combinación urbano-agrícola como la de mayor área de conflicto entre estos usos del suelo en la cuenca del río Luján, con 712,03 km² afectados. Le sigue en importancia la combinación urbano-agrícola-conservación con 564,03 km² en posibilidad de conflicto futuro, finalmente la combinación agrícola-conservación con 252,26 km² con potencialidad de conflicto, y por último la combinación urbano-conservación con un valor de conflicto muy bajo, de 49,62 km².

La superficie total de conflicto es de 1577,94 km², sobre una superficie total de 3761 km². Es decir, de la totalidad de superficie de la cuenca del río Luján, un 41,95 % se encuentra en potencial conflicto entre usos del suelo. De ese porcentaje en conflicto, el 80,85% lo concentran los conflictos urbano-agrícola y urbano-agrícola-conservación, con 45,12% y 37,73% respectivamente.

Los resultados obtenidos son considerados aceptables, responden a un resultado esperable para una región con una dinámica regional muy activa, con zonas de transición entre usos plenamente agrícolas y otras áreas urbanas, densamente pobladas, principalmente las zonas cercanas a la ciudad de Buenos Aires, y con la presencia de cursos y cuerpos de agua muy importantes en cuanto a la conservación de biodiversidad.

Finalmente, el trabajo permite evidenciar la potencialidad de la EMC para obtener resultados en el marco de una Geografía Aplicable con importantes posibilidades de avanzar hacia una Geografía Aplicada, que además puede ser transferible a organismos de gestión y planificación para utilizar los resultados obtenidos con la finalidad de mitigar los efectos socioespaciales negativos de la competencia por el territorio a futuro. Desde este punto de vista ha sido muy favorable poder lograr correctamente el desarrollo teórico-metodológico de la aplicación basada en SIG y obtener como resultado final un escenario futuro de conflictividad entre los tres usos del suelo considerados.

REFERENCIAS

- Baxendale, C.A. 2007. Región y estudios regionales. Consideraciones desde los diferentes enfoques de la Geografía. *Frnteras*. 6(6):29-36.
- Bertalanffy, L.von 1968. *General System theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller. New York.
- Bunge, M. 2012. *A la caza de la realidad*. Gedisa. Barcelona.
- Bunge, M. 2014. *Memorias. Entre dos mundos*. EUDEBA. Buenos Aires.
- Burrough, P.A.; McDonnell, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. Oxford.
- Buzai, G.D. (Dir.) 2002. *Altas digital de la cuenca del río Luján*. Universidad Nacional de Luján. Luján (versión CD).
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. 2007. Áreas de potencial conflicto entre usos del suelo. Identificación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (Primera parte: descripción metodológica). *Frnteras*. 6(6):45-49.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. 2008. Áreas de potencial conflicto entre usos del suelo. Identificación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (Segunda parte: aplicación). *Frnteras*. 7(7):33-39.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. 2010. Método LUCIS – Land Use Conflict Identification Strategy. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (Bibliografía, Software y Metodología). 2(2):1-4.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. 2011. *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 1: Perspectiva científica – temáticas de base vectorial. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A.; Cacace, G.; Dzendoletas, M.A. 2011. Análisis de usos del suelo urbano y regional. Localizaciones óptimas y conflictivas estudiadas con Sistemas de Información Geográfica. PROEG 11. Universidad Nacional de Luján. Luján.
- Buzai, G.D.; Cacace, G. 2016. El concepto de espacio. En: Buzai, G.D.; Baxendale, C.A.; Humacata, L.; Cacace, G.; Delfino, H.; Lanzelotti, S.; Principi, N. *Geografía y Análisis Espacial. Aplicaciones urbano-regionales con Sistemas de Información Geográfica*. EdUNLu. Luján. pp. 51-56.
- Buzai, G.D. & Principi, N. (2017) Identificación de áreas de potencial conflicto en la cuenca del río Luján (Argentina). *Revista Geográfica de América Central*. (en prensa)
- Carr, M.H.; Zwick, P.D. 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.; Zwick, P.D. 2007. *Smart Land-Use Analysis. The LUCIS Model*. ESRI Press. Redlands.
- DeMers, M. 2002. *GIS Modeling in Raster*. John Wiley. New York.
- García, R. *La Epistemología Genética y la ciencia contemporánea*. Gedisa. Barcelona.
- García, R. 2006. *Sistemas Complejos*. Gedisa. Barcelona.
- Gómez Delgado, M.; Barredo Cano, I. 2006. *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Alfaomega-Ra-Ma. México DF.
- Instituto Nacional del Agua. 2007. *Diagnóstico del funcionamiento hidrológico hidráulico de la cuenca del río Luján – provincia de Buenos Aires*. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Ezeiza.
- GIS-Supported Collaborative Decision Making: Results of an Experiment. *Annals of the Association of American Geographers*. 91(1):48-70.
- Jiang, H.; Eastman, J.R. 2000. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Sciences*. 14(2):173-184.
- Lanzelotti, S.L.; Buzai, G.D. 2015. *Delimitación de la cuenca del río Luján, Provincia de Buenos Aires Argentina*. Informe Técnico N° 1. PICT-2014_1388. GESIG-PRODISIG, Universidad Nacional de Luján. Luján.
- Malczewski, J. 1999. *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons. New York.
- Pacione, M. 1999. *Applied Geography: Principles and Practice*. Routledge. London.
- Análisis cronológico documental de la evolución de la cartografía en la alta cuenca del río Luján bajo la óptica de los procesos histórico globales y locales. Diagnóstico cartográfico geonímico, toponímico y geoespacial del Partido de Suipacha como modelo casuístico. Tesis de Licenciatura en Geografía. Universidad Nacional de Luján. Luján.
- Paso-Viola, L.F. 2016. Origen del Río Luján en el área imbrífera localizada en los partidos de Chacabuco, Suipacha y Carmen de Areco y su representación cartográfica. *Red Sociales*. 3(1):17-30.
- Philipponneau, M. 2001. *Geografía Aplicada*. Ariel. Barcelona.
- Principi, N. 2013. *Análisis de la estructura espacial regional*. Editorial Académica Española. Saarbrücken.
- Principi, N. 2016. Evaluación multicriterio para la identificación de áreas con potenciales conflictos entre usos del suelo en la cuenca del río Luján (Buenos Aires, Argentina). Trabajo final de graduación. Maestría Profesional en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. UCR-UNA. San José de Costa Rica.
- Principi, N.; Buzai, G.D. 2016. Análisis especial para la determinación de la estructura socioespacial del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. En: Buzai, G.D.; Baxendale, C.A.; Humacata, L.; Cacace, G.; Delfino, H.; Lanzelotti, S.; Principi, N. *Geografía y Análisis Espacial. Aplicaciones urbano-regionales con Sistemas de Información Geográfica*. EdUNLu. Luján. pp. 197-204.
- Tomlin, C.D. 1990. *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Englewood Cliffs – Prentice Hall. New Jersey.
- UF (2014) *Land Use Conflict Identification Strategy (LUCIS)*. Technical Report. LUCIS Technical Report. Heartland 2060. University of Florida. Bartow.
- Wilson, J.P.; Burrough, P.A. 1999. Dynamic Modeling, Geostatistics, and Fuzzy Classification: New Sneakers for a New Geography? *Annals of the Association of American Geographers*. 89:736-746.
- Zwick, P.D.; Patten, I.E.; Arafat, A. 2016. *Advanced Land-Use Analysis for Georegional Design*. Using LUCISplus. ESRI Press. Redlands.