

# Análisis espacial y evaluación de zonas de potenciales conflictos ambientales, productivos y patrimoniales ante la expansión urbana en la cuenca del río Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Aplicación: La expansión urbana en Luján y los potenciales conflictos entre usos del suelo

Buzai Gustavo<sup>1,2</sup>, Lanzelotti Sonia<sup>1,2</sup>, Humacata Luis<sup>1</sup>, Principi Noelia<sup>1</sup>, Acuña Suárez Gabriel<sup>1</sup>, Baxendale Claudia<sup>1</sup>

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 impacto de la urbanización sobre el uso del suelo rural es una temática de gran relevancia actual, principalmente cuando se analizan las regiones en la cuales este proceso influye en la actividad productiva primaria y en las condiciones naturales que brindan importantes servicios ambientales. En Argentina, la ecorregión Pampa Ondulada es una de las principales zonas agroproductivas del mundo. En ella existe un notable crecimiento urbano a través del Gran Buenos Aires y ciudades de tamaño intermedio. Este trabajo presenta aspectos centrales del proyecto de investigación: objetivos generales, objetivos específicos, análisis de la relevancia del problema y diseño de la investigación. Asimismo se presentan resultados a través de la expansión de las áreas urbanas del municipio de Luján y los potenciales conflictos entre usos del suelo. La totalidad de resultados se presentan como herramienta de planificación hacia el ordenamiento territorial del área de estudio.

Palabras clave: **Expansión urbana, usos del suelo, modelado espacial, análisis espacial, cuenca del río Luján.**

## ABSTRACT

*The impact of urbanization in rural land-use is a subject of great current importance, mainly when analyzing the regions in which this process influences in primary productive activity and natural conditions that provide important environmental services. In Argentina, the Rolling Pampa Ecoregion is one of the main agro-productive zones of the world. In it there is a great urban growth through Greater Buenos Aires and medium-size cities. This paper presents central aspects of the research project: general objectives, specific objectives, analysis of the relevance of the problem and research design. Results are also presented through the expansion of the urban areas in the municipality of Luján and the potential conflicts between land uses. All the results are presented as a tool for land use planning in the study area.*

**Keywords: Urban sprawl, Land-use, Spatial Modelling, Spatial Analysis, Luján River Basin.**

## I. INTRODUCCIÓN

La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) es un organismo dependiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva cuya función es apoyar proyectos de investigación para la generación de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos. Cuenta con cuatro líneas de trabajo<sup>1</sup> entre las cuales el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT), es el encargado directo de apoyar proyectos en temáticas teóricas y aplicadas desarrollados por investigadores pertenecientes a instituciones públicas y privadas sin fines de lucro radicadas en el país. Su visión es precisamente ser un instrumento efectivo para la excelencia científica y el desarrollo tecnológico.

En este marco, el FONCYT realiza anualmente concursos abiertos a la presentación de proyectos denominados PICT (Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica) que cuentan con un estricto sistema de evaluación.

En esta presentación se incluyen aspectos teóricos y un caso aplicativo del proyecto titulado “Análisis espacial y evaluación de zonas de potenciales conflictos ambientales, productivos y patrimoniales ante la expansión urbana en la cuenca del río Luján (provincia de Buenos Aires, Argentina)”, que se desarrolla en el Instituto de Investigaciones Geográficas (INIGEO) de la Universidad Nacional de Luján, y que fuera aprobado por el FONCYT en su convocatoria 2014-2015. La investigación se basará en la utilización del análisis espacial con SIG para la determinación de potenciales conflictos entre diferentes usos del suelo en los partidos pertenecientes a la Cuenca del Río Luján (Figura 1), y temáticas relevantes para diferentes áreas de la cuenca. El proyecto tiene como plazo de ejecución los años 2015 a 2018.

## II. OBJETIVOS GENERALES

Los objetivos generales surgen a partir de problemáticas desencadenadas por la dinámica de expansión urbana sobre la cuenca del río Luján. Será analizado el impacto de la evolución espacial de la aglomeración sobre ambientes rurales y de conservación para los partidos de la cuenca<sup>2</sup>, sobre sitios de interés patrimonial (arqueológicos, paleontológicos e históricos) para la cuenca alta<sup>3</sup> y sobre la actividad agrícola tradicional para el eje de crecimiento noroeste<sup>4</sup> de la aglomeración del Gran Buenos Aires.

En todos los casos se determinarán las zonas de potencial conflicto ante la evolución espacial en la distribución espacial de los usos del suelo. El conflicto Urbano/Rural/Conservación ambiental para toda la cuenca. El conflicto Urbano/Patrimonial para la cuenca alta. El conflicto Urbano/Productividad agrícola tradicional para el sector de crecimiento oeste de la aglomeración Gran Buenos Aires.

### OBJETIVO GENERAL A NIVEL CUENCA

Determinar y analizar la distribución espacial de las áreas de potencial conflicto entre usos del suelo en los partidos correspondientes a la cuenca del río Luján con centralidad en los usos urbano, agrícola y de conservación ambiental.

### OBJETIVO GENERAL DE FOCALIZACIÓN PATRIMONIAL

Determinar y analizar la expansión urbana de las últimas dos décadas en los partidos de la cuenca alta del río Luján y evaluar el riesgo que representa para los sitios paleontológicos y arqueológicos (históricos y prehispánicos) de interés patrimonial y los fenómenos de identidad asociados.

### OBJETIVO GENERAL DE FOCALIZACIÓN PRODUCTIVA PRIMARIA

Determinar y analizar la expansión urbana de las últimas dos décadas en los partidos del sector de crecimiento oeste de la aglomeración Gran Buenos Aires a fin de evaluar su impacto sobre la productividad tradicional en la región.

Cada objetivo apunta a una problemática diferente de manera prospectiva para la próxima década:

1. Conflicto socioespacial que genera la expansión urbana sobre la productividad rural y zonas de conservación ambiental en la cuenca.
2. Conflicto socioespacial que genera la expansión urbana sobre la productividad tradicional, con focalización en el eje de expansión oeste del Gran Buenos Aires.



Mapa 1. Cuenca del río Luján  
Fuente: Lanzelotti y Buzai (2015)

## III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS A NIVEL DE LA CUENCA

- Realización de la base de datos geográfica en formato raster con múltiples capas temáticas (Capas temáticas: área de estudio, urbano, rutas, ferrocarriles, hidrografía, vegetación, entre otros).
- Creación de mapas de aptitud para la expansión urbana.
- Creación de mapas de aptitud para la producción agrícola.
- Creación de mapas de aptitud para la conservación.
- Creación de mapas de conflictos combinados (urbano-agrícolas, urbano-conservación, agrícola-conservación, urbano-agrícola-conservación).

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS EN LA CUENCA ALTA

- Relevamiento de información acerca de la ubicación de los

1 Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT), Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT) y el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC)

2 Campana, Carmen de Areco, Chacabuco, Escobar, Exaltación de la Cruz, General Rodríguez, José C. Paz, Luján, Malvinas Argentinas, Mercedes, Moreno, Pilar, San Andrés de Giles, San Fernando, Suipacha y Tigre.

3 Carmen de Areco, Chacabuco, Mercedes, San Andrés de Giles y Suipacha.

4 General Rodríguez, Luján, Mercedes, Moreno y San Andrés de Giles.

sitios de interés patrimonial (arqueológicos, paleontológicos e históricos)

- Creación de bases cartográficas con la ubicación de estos sitios de interés patrimonial.
- Evaluación del estado de conservación de estos sitios
- Realización de excavaciones y sondeos en lugares que resulten de interés patrimonial y/o identitario.
- Creación de mapas de conflictos entre el crecimiento de la aglomeración y sitios de interés patrimonial.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS EN EL SECTOR DE CRECIMIENTO OESTE DE LA AGLOMERACIÓN GRAN BUENOS AIRES

- Ampliación de la base de datos geográfica en formato raster con información específica para este nivel de análisis (variables socio-demográficas, actividades productivas primarias, aptitud del suelo, uso del suelo, nuevas urbanizaciones, entre otras)
- Creación de mapas de aptitud para la expansión urbana.
- Creación del mapa social.
- Creación de mapas de actividades económicas.
- Creación de mapas de conflictos combinados (urbano-actividades económicas primarias)

#### **IV. RELEVANCIA DEL PROBLEMA**

La temática general tiene su sustento en el fenómeno de dispersión urbana (urban sprawl), una tendencia de larga data en Argentina. Las oleadas migratorias desde finales del siglo XIX, el proceso de industrialización a mediados del siglo XX y las políticas neoliberales de la década de 1970 y 1990 consolidaron esa tendencia. La última etapa permitió ampliar los límites de la expansión de manera notable, principalmente por actuar en el campo de accesibilidad general a través de la creación de autopistas urbanas.

La importancia del tema está dada por el impacto que genera el cambio en los usos del suelo a través de la expansión urbana en espacios naturales, en sitios de valor patrimonial y en sitios de producción rural tradicional. Aparecen conflictos de competencia entre usos del suelo y ello afecta notablemente a las actividades desarrolladas por las poblaciones locales.

Los procedimientos empleados en esta investigación permitirán generar mapas de potenciales conflictos en una visión prospectiva que definirá una herramienta de utilidad para avanzar en propuestas de actuación en materia de ordenamiento territorial transferibles a las instancias de gestión.

Desde un punto de vista temático podemos señalar los trabajos de Borsdorf (2003), Bruegmann (2005), Tsai (2005), Arellano y Roca (2010), Arribas-Bell et al. (2011), los cuales se centran en el urban sprawl detallando sus efectos socioespaciales. Desde la Geografía Aplicada, el Análisis Espacial constituye una serie de técnicas estadísticas y matemáticas aplicadas al estudio de los datos distribuidos sobre el espacio geográfico (Buzai y Baxendale, 2011).

En diferentes momentos de la evolución científica el Análisis Espacial ha contado con dos líneas de definición. Una propuesta por O'Sullivan y Unwin (2003); que consideran su

amplitud a partir de definirlo en base a cuatro contextos: (1) tratamiento de datos espaciales, (2) análisis de datos espaciales de forma descriptiva y exploratoria, (3) aplicación de estadística espacial, y (4) modelado espacial en la búsqueda de diferentes escenarios; y otra propuesta por Berry (1996), que considera que el Análisis Espacial se define a través de operaciones cuyos resultados dependen de la localización espacial.

Existen trabajos de Análisis Espacial con SIG en diferentes áreas, un ejemplo es el trabajo realizado por Baxendale (2010), "Crecimiento urbano y pérdida de suelos productivos en la ciudad de Rosario (1931-2000), donde fue analizado mediante procedimientos del modelado cartográfico. Este estudio se realizó con la finalidad de analizar el crecimiento urbano de la ciudad de Rosario y la pérdida de suelos productivos, se compatibilizaron diferentes fuentes cartográficas como capas temáticas para la base de datos en SIG. Las posibilidades de combinación de capas temáticas para la obtención de resultados numéricos y nuevos mapas se basó en superposiciones por imposición. Otro antecedente es el trabajo realizado por Buzai y Baxendale (2011) "Determinación de zonas de potencial conflicto entre usos del suelo en el partido de Luján, Provincia de Buenos Aires, Argentina"<sup>5</sup>, donde se presentan diferentes mapas de aptitudes (urbana, agrícola, conservación), a partir de la implementación de evaluación multicriterio y método LUCIS (Land Use Conflict Identification Strategy), lo que permite determinar las zonas que son factibles de tener potenciales conflictos entre usos del suelo.

Un antecedente de importancia inicial lo constituyó el "Atlas Digital de la Cuenca del Río Luján. Sociodemográfico, económico y habitacional" desarrollado en el Laboratorio de Cartografía Digital del Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Luján (Buzai, 2002), ya que brinda información de base fundamental para el desarrollo de este proyecto. A partir de los antecedentes mencionados se cuenta con la información básica para generar las capas temáticas a ser utilizadas posteriormente en la aplicación del modelado cartográfico y del método LUCIS. Conocer y analizar las zonas que presentarían conflictos a futuro permite brindar propuestas de solución y generar estrategias para el ordenamiento territorial. La investigación permite hacer confluir dos líneas de investigación desarrolladas por el Grupo de Estudios sobre Análisis Espacial y Sistemas de Información Geográfica (GESIG) del Programa de Investigación y Docencia en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Con la finalidad de poder implementar el trabajo de investigación propuesto es necesario confeccionar una base de datos para Sistemas de Información Geográfica (SIG) de estructura raster. Con una focalización hacia la expansión urbana se detallarán problemáticas ambientales, patrimoniales y productivas de relevancia regional/local, en tanto detección de conflictos producidos por el cambio de uso del suelo.

Respecto del enfoque patrimonial cabe destacar que la cuenca del río Luján ha sido objeto de análisis y debate a escala internacional desde el siglo XIX, de la mano de las propuestas de Florentino Ameghino (Ameghino, 1880-81; Lanzelotti y Acuña, 2014)<sup>6</sup> y continuaron a lo largo de todo el siglo XX y lo que va del siglo XXI (Acuña Suarez et al., 2013; Viloría et al.,

<sup>5</sup> Trabajo realizado en el marco del proyecto de investigación Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica: Avances teórico-metodológicos para la identificación de zonas de potencial conflicto ante la evolución espacial de usos del suelo. Aplicación en diferentes escalas espaciales, radicado en el Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Luján mediante Disposición CDD-CS N° 840/09.

<sup>6</sup> Si bien sus teorías acerca del origen americano de la humanidad fueron refutadas, lo cierto es que los estudios de Ameghino permitieron plantear y probar -por primera vez en la historia- la coexistencia del hombre con aquella misma megafauna extinguida, lo cual hoy en día (y tras numerosas investigaciones posteriores) es un tema aceptado con naturalidad por la comunidad científica.

2011). Lamentablemente muchos de los nuevos hallazgos arqueológicos y paleontológicos suceden con motivo del avance de la urbanización, cuyas urgencias se contraponen -aparentemente- con la protección del patrimonio. Cabe destacar que desde el año 2003 rige la Ley Nacional 25743 de "Proyección del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico" que prevé la protección de los mismos.

La focalización estará dada en el sistema humano, en el espacio absoluto y en el espacio relativo, contemplando características correspondientes a las localizaciones, distribuciones espaciales, asociaciones espaciales, interacciones espaciales y evoluciones espaciales abordadas a través de técnicas del análisis espacial cuantitativo apoyadas en SIG. En este sistema, el componente demográfico-poblacional aporta el estudio de las manifestaciones espaciales de aspectos poblacionales y sus diversas características y el componente económico-productivo cuestiones concernientes a la producción, el consumo y usos del suelo.

## V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La ciencia como proceso puede ser considerado el rasgo más característico de lo que se denomina proceso de investigación científica. Representa una transformación que forma parte de una evolución secuencial entre dos acontecimientos centrales: el surgimiento de un problema y las acciones que se realizan para encontrarle una solución (Samaja, 2004). En este sentido, el conocimiento en formación lleva al cumplimiento de determinados procedimientos tendientes a la producción de conocimientos científicos que, en el caso de la Geografía Aplicada, resulten, a su vez, de utilidad para la resolución de problemáticas de índole espacial.

A continuación se presenta la secuencia llevada a cabo por la investigación en diferentes fases de desarrollo, desde la teoría hasta la transferencia de resultados.

### FASE 1: CONCEPTUAL

A desarrollarse durante todo el proceso de investigación, con preponderancia durante el primer año de acuerdo al cronograma de trabajo.

En esta fase se consideran supuestos ideológicos, sistemas de valores, creencias, aspiraciones e intereses desde donde se realiza el estudio, al tiempo que se reflexiona sobre la pertinencia del tema o problemática planteada y su encuadre dentro del pensamiento científico. El proyecto tiene contemplado avanzar en las tres focalizaciones espaciales a través de tomar la teoría de los sistemas complejos (García, 2010).

El marco epistémico guía las acciones del proyecto desde el inicio, ya que la problemática a estudiar surgió desde esta instancia. La base empírica es el recorte espacial regional de la cuenca del río Luján y los atributos que serán tenidos en cuenta sistematizados en la base de datos geográfica en SIG. Las prácticas geográficas para tratar unidades espaciales y atributos se basan en el análisis espacial cuantitativo, a partir de la aplicación metodológica se llega a la Geografía Aplicada con resultados que tienen utilidad para apoyar el ordenamiento territorial prospectivo del área de estudio.

### FASE 2: CONCEPTUAL-METODOLÓGICA

A desarrollarse durante el segundo semestre del proyecto de acuerdo al cronograma de trabajo.

En esta fase se hace operativa la formulación aplicativa del proyecto. De esta manera, la problemática planteada se ajusta

con la finalidad de poder encuadrarse en el interior del pensamiento científico y surge el interrogante correspondiente a su correcto planteamiento ante la necesidad de su confrontación metodológica con la base empírica.

Comienza con la conformación exhaustiva del estado de la cuestión a partir de fuentes bibliográficas obtenidas desde diferentes medios. Esta búsqueda llevará a realizar ajustes en el marco teórico de la investigación, principalmente respecto de los conceptos de base. Esta sistematización permite demarcar definitivamente la investigación, demostrando aquellos aspectos que no fueron tratados o el avance sobre diferentes temas, en definitiva, permite determinar los alcances teóricos y metodológicos de la investigación.

Se delimita el espacio geográfico (área de estudio), se determina el tiempo (años o período), se redefinen los objetivos (realizando ajustes en función de la disponibilidad de recursos humanos y económicos) y se determinan los métodos que serán empleados. La profundidad que tendrá la investigación se encuentra relacionada con el carácter de las hipótesis a ser formuladas.

Aunque las Hipótesis sean consideradas las guías de una investigación al constituir las afirmaciones que en su papel de respuestas conjeturales a las preguntas planteadas y pueden ser comprobadas o no, pero deben estar en estrecha relación con los objetivos de la investigación. Todas las hipótesis planeadas en esta investigación cuentan con el hilo conductor del crecimiento urbano sobre diferentes ambientes naturales y humanos.

### FASE 3: METODOLÓGICA-TECNOLÓGICA

A desarrollarse desde el segundo al quinto semestre del proyecto de acuerdo al cronograma de trabajo.

Contiene los componentes que permiten concretar lo diseñado a partir de la definición de tareas y técnicas que hacen operativas las metodologías. En esta instancias deben ser definidos los elementos a utilizar para medir y poder corroborar/refutar objetivamente los enunciados presentados como hipótesis.

El procesamiento de los datos geográficos está relacionado con el trabajo concreto que se hará con los datos obtenidos y sistematizados. En SIG corresponde al uso del subsistema de tratamiento, el cual como toolbox (caja de herramientas) dispone de una serie de operaciones estandarizadas que permiten obtener diferentes resultados.

Es durante esta etapa que serán aplicados los siguientes procedimientos de análisis espacial:

#### *Análisis de evaluación multicriterio*

Existen diferentes 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 configuraciones espaciales de posibilidades a futuro, que están altamente vinculados a los procedimientos subjetivos necesarios en el funcionamiento de las metodologías objetivas.

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.

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.

*LUCIS: Land-use conflict identification strategy (LUCIS)*

Tomando como base la lógica de las técnicas de modelado cartográfico (Tomlin, 1990), las de evaluación multicriterio apoyadas por el uso de Sistemas de Información Geográfica, Carr y Zwick (2006, 2007) 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 propuesto por estos autores ha sido denominado LUCIS y contempla la realización de diferentes pasos como camino de resolución hacia la obtención del mapa con las áreas de conflicto.

Los pasos para la aplicación del modelo son los siguientes: (1) Definición de objetivos, (2) Creación de la base de datos espacial, (3) Análisis de aptitud, (4) Determinación de preferencias, (5) Aplicación de la regla de decisión y reclasificación de resultados y (6) Identificación de áreas potenciales de conflicto

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.

A partir de la aplicación de estos procedimientos se llega a la obtención de resultados en forma numérica, gráfica o cartográfica, siendo esta última el resultado privilegiado de la Geografía Aplicada, y de los SIG. Son resultados que corresponden básicamente a la distribución espacial de las relaciones y problemáticas analizadas.

Al disponer de los resultados es posible pasar a la siguiente fase del proceso de investigación, en la cual se hará la validación operativa y empírica.

#### FASE 4: VALIDACIÓN

En esta etapa se avanza en el análisis e interpretación de los resultados a partir del marco teórico base de la investigación. En el caso de la Geografía Aplicada estos resultados corresponderán a relaciones espaciales de los factores sociales. De acuerdo a la teoría de los sistemas complejos aplicada al ámbito de la investigación en Geografía (Buzai y Cacace, 2013) desde la focalización espacial que brindan las posturas racionalista y cuantitativa es posible también abordar estos resultados en múltiples escalas (infra y supra-focal) a partir de considerar la aptitud de diferentes paradigmas de la Geografía.

Con la finalización del análisis se realiza la Validación de Hipótesis cuando se confrontan los resultados con las hipótesis formuladas (contrastación) es posible determinar si los enunciados planteados se corroboran o se refutan. Verificar la veracidad o falsedad de hipótesis es uno de los logros de la investigación y, de esta manera, llegar a una verdad que es provisoria.

A partir de los aspectos obtenidos en los dos componentes previos se llega al Modelo Explicativo de la Realidad, instan-

cia definida a partir del trabajo de García (2000). Mediante un proceso de sucesivas representaciones se busca llegar a un modelo que pueda explicar satisfactoriamente la base empírica de la cual partió y con la cual fue construido el sistema como totalidad organizada, no solamente con la intención de describirlo, sino que se explicará la estructura y evolución de los principales procesos que dan cuenta de su función.

Lograr la reconstrucción de la evolución de los principales procesos que determinan el funcionamiento del sistema es lo que permite predecir y plantear evoluciones a futuro. Corresponde considerar que la Geografía no es solamente una ciencia del presente como lo establecen las posturas clásicas, sino que también es una ciencia prospectiva de acuerdo a la tradición sistémica. En base a estas posibilidades se prevé obtener gran parte de los resultados, configuraciones espaciales de conflictos, como visión prospectiva para la realización de propuestas de ordenamiento territorial.

#### FASE 5: TRANSFERENCIA

Mediante la elaboración de diferentes resultados se llega a la fase de transferencia, que básicamente la consideraremos dirigida a dos ámbitos: Hacia la investigación y docencia y hacia la planificación y gestión. La primera corresponde a una transferencia directa en las asignaturas de grado-posgrado y a los proyectos de investigación en curso desarrollados por los miembros del grupo en el nivel universitario. La segunda como elementos de base hacia los organismos de gestión territorial brindando una herramienta para la toma de decisiones.

Organismos que presentan interés en los resultados obtenidos, tanto por participar de relaciones académicas como vinculados a través de convenios institucionales con la Universidad Nacional de Luján: Comité de Cuenca del río Luján, Municipalidad de Luján, Municipalidad de Mercedes, Municipalidad de San Andrés de Giles y Red Unidesarrollo.

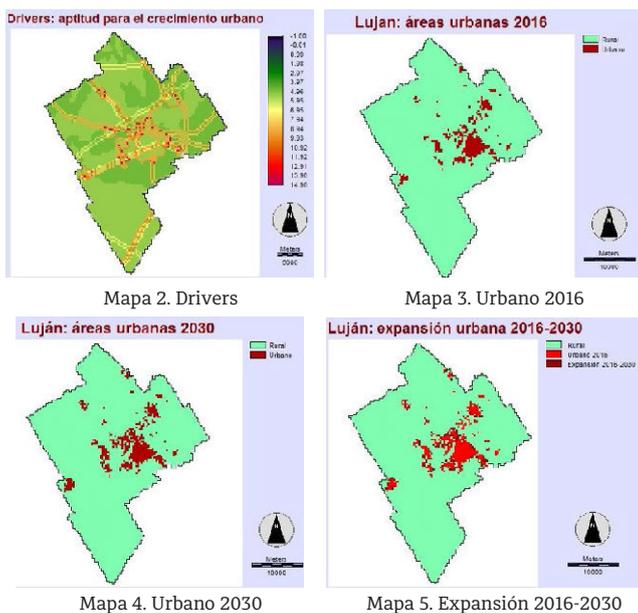
La transferencia incluye divulgación de los resultados a través de presentaciones y publicaciones, tanto de material escrito como de bases de datos. Se contempla la realización del Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján con la finalidad difundir la totalidad de trabajos realizados en el marco del proyecto.

#### **VI. EJEMPLO DE APLICACIÓN: EXPANSIÓN DE LAS ÁREAS URBANAS DE LUJÁN Y POTENCIALES CONFLICTOS ENTRE USOS DEL SUELO**

Los aspectos totales de la aplicación pueden consultarse en Buzai (2017), artículo en el cual se presenta la relación entre el modelado de crecimiento urbano y su superposición (asociación espacial) con diferentes características espaciales de aptitud.

En este punto, sintéticamente mencionaremos que el modelado de crecimiento urbano se ha realizado con un mapa de direccionamiento formado por la combinación de cuatro características y una matriz de contigüidad de 3x3. Los resultados obtenidos contemplan un crecimiento intercensal anual de población del 1,66% al extrapolar el valor de crecimiento porcentual anual de todo el período, en gran parte coinciden con el carácter cíclico evidenciado desde 1970.

Los resultados cartográficos se presentan a continuación, hacia la definición de un área urbana que hacia 2030 crece un 27,92%. A continuación se presentan los mapas de direccionamiento (Mapa 2), áreas urbanas 2016 (Mapa 3), áreas urbanas 2030 (Mapa 4) y áreas de expansión urbana 2016-2030 (Mapa 5).



La Tabla I presenta la tabulación cruzada entre los mapas extremos, las categorías del área urbana de 2016 en las columnas y las del 2030 en las filas. Se evidencia la superficie en hectáreas que cambian de estado rural a urbano.

**TABLA I**  
TABULACIÓN CRUZADA ENTRE URBANO\_2016 (COLUMNAS) Y URBANO\_2030 (FILAS). VALORES EN HECTÁREAS.

AÑOS	CLASES	2030			TOTAL
		EXTERIOR	RURAL	URBANO	
2016	EXTERIOR	160283	0	0	160283
	RURAL	0	71982	0	71982
	URBANA	0	1250	4481	5731
	TOTAL	160283	73232	4481	237996

Se destaca el aumento de 1250 hectáreas del área urbana cuando se lee la categoría Urbano en el sentido de las filas y la misma disminución del área rural a partir de la categoría Rural en el sentido de las columnas.

La imagen de evolución futura, en la línea del análisis exploratorio de datos espaciales, puede considerarse un tema central para la planificación territorial (Aguilera Benavente et al. 2011) ya que permitirá realizar evaluaciones correspondientes al impacto ambiental, disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones y generar estrategias como propuestas para el manejo de los impactos.

#### CRECIMIENTO URBANO Y POTENCIALES CONFLICTOS A NIVEL REGIONAL

La asociación espacial entre la expansión urbana 2016-2030 y la distribución espacial para el desarrollo de diferentes usos del suelo se resuelve a través de procedimientos de superposición temática en los cuales el resultado presenta los niveles de aptitud en las localizaciones que corresponden a la expansión.

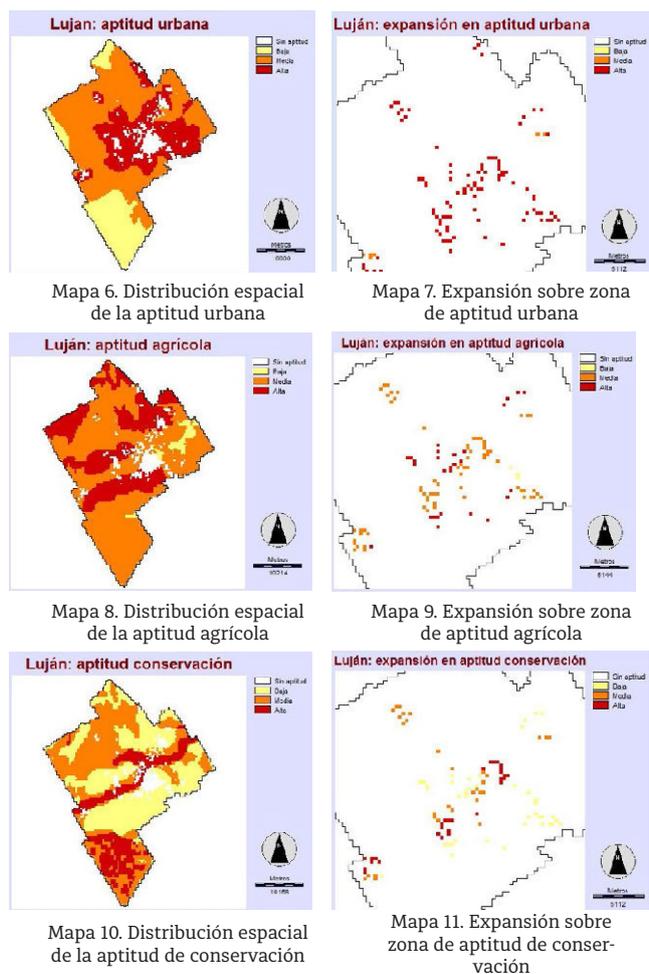
Los mapas 6, 8 y 10 presentan los resultados correspondientes a la distribución espacial de las aptitudes para la actividad urbana, agrícola y para la conservación ambiental en distribuciones espaciales que abarcan la totalidad del municipio.

Los procedimientos metodológicos para la realización de mapas de aptitud fueron aplicados a nivel partido para Luján (Buzai y Baxendale, 2007, 2008) y a nivel cuenca (Buzai y Prin-

cipi, 2017). La metodología propuesta por Carr y Zwick (2006, 2007) demostró su gran utilidad.

Los mapas 7, 9 y 11 presentan los resultados de superposición de estas áreas de expansión a las áreas de aptitud y se representan mediante una ampliación de la zona que permite verla con mayor detalle.

Los resultados del método de evaluación multicriterio por combinación lineal ponderada presentan características diferenciales en los mapas de aptitud para los valores máximos que son aquellos tenidos en cuenta para los siguientes cálculos de potenciales conflictos.



A partir de los resultados cartográficos es posible calcular los datos numéricos de los valores superficiales en hectáreas para el total de relaciones (superposiciones temáticas entre el área de crecimiento urbano y las zonas de aptitud urbana, agrícola y de conservación) y contar con las distribuciones espaciales resultantes. La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos.

**TABLA II**  
EXPANSIÓN URBANA SOBRE LAS ÁREAS DE APTITUD

APTITUD	CATEGORÍA	EXPANSIÓN URBANA 2016-2030 (HA)	EXPANSIÓN URBANA 2016-2030 (HA%)
Aptitud Urbana	Alta	1177	94
	Media	73	6
	Baja	0	0
	Total	1250	100

Aptitud Agrícola	Alta	340	27
	Media	874	70
	Baja	36	3
	Total	1250	100
Aptitud de conservación	Alta	352	28
	Media	413	33
	Baja	485	39
	Total	1250	100

De acuerdo a los resultados del modelado exploratorio de cambio de usos del suelo las localizaciones urbanas aumentarán en 1250 hectáreas entre 2016 y 2030. A partir del modelado cartográfico se verifica una asociación espacial del 94% del crecimiento de la aglomeración sobre las zonas de aptitud urbana alta y el 6% restante sobre las zonas de aptitud urbana media. De esta manera se puede validar la aptitud del modelo de crecimiento (perspectiva horizontal) con características combinadas que favorecerían el cambio (perspectiva vertical).

El mapa 12 se forma con las distribuciones espaciales del área urbana en 2016 (Categoría 1), la expansión al 2030 sin conflicto (Categoría 2), en áreas de conflicto agrícola (Categoría 3) y en áreas de conflicto de conservación (Categoría 4).



Mapa 12. Distribución espacial de la aptitud de conservación

Mapa 13. Expansión sobre zona de aptitud de conservación

TABLA III  
SUPERFICIE DEL ÁREA DE EXPANSIÓN Y POTENCIALES CONFLICTOS

CATEGORÍA	SUPERFICIE (HA)	% EXPANSIÓN (HA)	% EXPANSIÓN (HA) SIN/CON CONFLICTO
Urbano 2016	4481	—	—
Expansión s/conflicto	559	44,72	44,72
Conflicto urbano/agrícola	340	27,20	55,28
Conflicto urbano/conservación	351	28,08	
Total (Superficie 2030)	5731	100	100

La asociación espacial entre las localizaciones de crecimiento urbano y la aptitud agrícola indica que 340 hectáreas están sobre zonas de aptitud alta y 874 hectáreas sobre aptitud media. La asociación espacial con la aptitud para la conservación indica que 351 hectáreas están sobre zonas de aptitud alta y 413 hectáreas sobre aptitud media.

Como se verifica que las localizaciones de aptitud alta agrícola y de conservación no tienen correspondencia espacial

(mapa 13) se puede afirmar que el potencial conflicto entre usos del suelo se producirá en 691 hectáreas, un 55,28% del crecimiento urbano.

El mapa 13 (contexto municipal) y el mapa 14 (ampliación de zonas urbanas) presentan los clusters principales de potencial conflictividad de la expansión urbana con la producción agrícola y las áreas de conservación respectivamente. A partir de aquí se cuenta con la distribución espacial y la superficie sobre las cuales se deberían activar mecanismos si se quisiera evitar esta expansión, por ejemplo incentivos económicos a la actividad agrícola que permitan equiparar los cambiantes valores del suelo o leyes restrictivas de protección ambiental con la finalidad de mantener los servicios ambientales actuales.

Desde el punto de vista de la Geografía Aplicada podemos afirmar que la aplicación de modelos de cambio de usos del suelo junto a las técnicas de valuación multicriterio se presentan como muy útiles líneas de aplicación de la tecnología SIG como herramienta de planificación territorial, combinando cuestiones cuantitativas y decisiones cualitativas, particularmente en la posibilidad de realizar diagnósticos que apoyen el logro de soluciones.

## VII. CONCLUSIONES

El presente trabajo incluye las características principales del proyecto y un caso de aplicación como aporte del análisis espacial cuantitativo para el estudio del impacto regional de la expansión urbana. El avance del proyecto permitirá conocer la estructura espacial presente y lograr modelizaciones prospectivas de la dinámica territorial.

Aquí se ha presentado un inicial resultado correspondiente al estudio de la evolución espacial del área urbana del Partido de Luján en 2016 modelizando su expansión hacia el 2030 con la consiguiente obtención de resultados cartográficos y alfanuméricos para su análisis e interpretación de los potenciales conflictos entre usos del suelo.

El estudio de las manifestaciones espaciales brinda la posibilidad de ver y explorar una configuración empírica en la consideración del territorio como sistema complejo compuesto por diferentes niveles de análisis. La focalización espacial es propia de la Geografía como ciencia.

Los SIG en aplicaciones modelísticas de análisis espacial presentan resultados valiosos para el estudio de las configuraciones espaciales y con ello, apoyar acciones académicas en diferentes líneas.

Los resultados del proyecto constituyen una base empírica de análisis que se transforma en una herramienta para la toma de decisiones para el ordenamiento territorial, permitiendo detectar tendencias evolutivas hacia situaciones no deseadas con posibilidad de ser resueltas mediante acciones político-administrativas con sustento científico-tecnológico.

## REFERENCIAS

- Acuña Suárez, G.E.; Lanzelotti, S.L; Coronel, G. & Arzani, H. (2013). Arqueología y Paleontología de la cuenca superior y media del río Luján. Estado Actual y Perspectivas. I Congreso de Ambiente y Sociedad de la cuenca del río Luján. Programa de actividades. Luján, 30 de noviembre de 2013.
- Aguilera Benavente, F.; Valenzuela Montes, L.M.; Gómez Delgado, M. & Plata Rocha, W. (2011) Escenarios y modelos de simulación como instrumentos en la planificación territorial metropolitana. Serie Geográfica 17, 11-28.
- Ameghino, F. (1880-81). La Antigüedad del Hombre en el Plata. París-Buenos Aires: Masson-Igon.

- Arellano, B. & Roca, J. (2010). El Urban Sprawl, ¿Un Fenómeno de Alcance Planetario? Los Ejemplos de México y España. *Arquitectura, Ciudad y Entorno* 4(12), 115-147.
- Arribas-Bel, D.; Nijkamp, N. & Scholten, H. (2011). Multidimensional urban sprawl in Europe: A self-organizing map approach. *Computers, Environment and Urban Systems* 35, 263-275
- Baxendale, C. (2010). El crecimiento de la aglomeración de Rosario (1931-2000) y su relación con unidades cartográficas de suelos, capacidades de uso e índices de productividad. En: Buzai, G. (Ed) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Luján, GESIG, pp. 395-420.
- Baxendale, C. & Buzai, G.D. (2011). Dinámica de Crecimiento urbano y pérdida de suelos productivos en el Gran Buenos Aires (Argentina), 1869-2011. *Análisis espacial basado en Sistemas de Información Geográfica. Serie Geográfica*, pp. 77-95.
- Berry, J.K. (1996). The Unique Character of Spatial Analysis. *GIS World*. April: 29-30.
- Borsdorf, A. (2003). *Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana*. Eure, 29(86), 37-49.
- Bruegmann, R. (2005). *Sprawl. A Compact History*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Buzai, G.D. (Dir) (2002). *Atlas Digital de la cuenca del río Luján*. Universidad Nacional de Luján. Luján (versión CD).
- Buzai, G.D. (2017) *Crecimiento urbano y potenciales conflictos entre usos del suelo en el municipio de Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina)*. Modelado espacial 2016-2030. Cuadernos Geográficos. (en prensa).
- 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)*. *Fronteras*, 6(6), 45-59.
- Buzai, G.D. & Baxendale, C.A. (2007) *Áreas de potencial conflicto entre usos del suelo. Identificación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (Segunda parte: aplicación)*. *Fronteras*, 7(7), 33-39.
- Buzai, G.D. & Baxendale, C.A. (2011). Determinación de zonas de potencial conflicto entre usos del suelo en el Partido de Luján, Provincia de Buenos Aires, Argentina. En: Buzai, G.D.; Morina, O.J. (Comp.) *I Jornadas de Investigación del Programa de Estudios Geográficos. Serie PROEG 12*. UNLu. 69 páginas + CD.
- Buzai, G.D. & Baxendale, C.A. (2011). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Tomo 1: Perspectiva científica / Temáticas de base raster*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G.D. & Baxendale, C.A. (2012). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Tomo 2: Ordenamiento territorial / Temáticas de base vectorial*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G.D. & Baxendale, C.A. (2010). Determinación de zonas de potenciales conflictos entre usos del suelo en el Partido de Luján, Buenos Aires, Argentina. En: 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*. Luján: UNLu. Proeg-11, pp. 175-183.
- Buzai, G.D. & Baxendale, C.A. (1998). Buenos Aires (1869-1991). La geometría urbana como representación de una historia económica y sociodemográfica. *Signos Universitarios*, 18(34), 71-88.
- Buzai, G.D. & Baxendale, C.A.; Cacace, G.; Dzendoletas, M.A. (2010). *Análisis de usos del suelo urbano y regional. Localizaciones óptimas y conflictivas estudiadas con Sistemas de Información Geográfica*. En: Buzai, G.D.; Baxendale, C.A.; Cacace, G. & Dzendoletas, M.A. *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. (2013). El concepto de espacio. *Si Muove* 5, 34-38.
- 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*. Redlands: ESRI Press.
- DeMers, M. (2002). *GIS Modeling in raster*. Chichester: John Wiley.
- García, R (2000) *Sistemas Complejos*. Gedisa. Barcelona.
- Dzendoletas, M.A. (2010). Determinación de zonas de potencial conflicto de usos del suelo en la ciudad de Bariloche, Provincia de Río Negro, Argentina. En: Buzai, G.D.; Baxendale, C.A.; Cacace, G. & Dzendoletas, M.A. *Análisis de usos del suelo urbano y regional. Localizaciones óptimas y conflictivas estudiadas con Sistemas de Información Geográfica*. Luján: UNLu. Proeg-11, 184-203.
- Lanzelotti, S.L. & Acuña Suarez, G.E. 2014. *Florentino Ameghino en Mercedes. Homenaje en el centenario de su fallecimiento*. Mercedes: MCA Libros.
- Lanzelotti, S. & Buzai, G.D. (2015). *Cuenca del río Luján. Su delimitación*. Informe técnico del Proyecto PICT-2014-1388. N° 1. GESIG-PRODISIG. Luján.
- Matteucci, S.; Morello, J. & Buzai, G.D. (2006). *Crecimiento urbano y sus consecuencias sobre el entorno rural*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
- O'Sullivan, D. & Unwin, D. (2003). *Geographic Information Analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Phlipponneau, M. (2001). *Geografía Aplicada*. Barcelona: Ariel.
- García, R. (2000). *Sistemas Complejos*. Barcelona: Gedisa.
- Samaja, J. (2004). *Epistemología y Metodología*. Buenos Aires: Eudeba.
- Tomlin, C.D. (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. New Jersey: Prentice Hall-Englewood Cliff.
- Tsai, Y. H. (2005). Quantifying Urban Form: Compactness versus 'Sprawl' *Urban Studies*, 42(1), 141-161.
- Viloria, F.; Arzani, H.; Migale, L.; Acuña, G. & Lanzelotti, S. 2011. *Entre la arqueología, la historia y los recuerdos: la Pulpería de Villar en Mercedes (Buenos Aires)*. En: *Temas y problemas de la Arqueología Histórica, Tomo II*. Luján: UNLu, pp. 91-102.