

# Análisis espacial de los cambios de usos del suelo con Sistemas de Información Geográfica

*Luis Humacata y Gustavo Buzai*

## Introducción

El estudio de la dinámica espacial a través de la dimensión temporal constituye una tarea de gran importancia en la investigación científica. Desde un abordaje principalmente espacial, la Geografía en su vertiente cuantitativa y racionalista ha desarrollado relevantes avances en la sistematización de procedimientos analíticos con la finalidad de determinar la evolución de los patrones de distribución espacial de usos del suelo. La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha posibilitado la obtención de resultados cartográficos y numéricos de suma utilidad en el ámbito de la planificación territorial. Los avances en la modelización de aspectos evolutivos del espacio geográfico, como aquellos orientados al análisis del crecimiento urbano y cambios de usos del suelo, brindan importantes herramientas metodológicas para el estudio de la dinámica de ocupación del suelo a escala urbano-regional.

En el presente trabajo se desarrollan los aspectos conceptuales y metodológicos del análisis de la evolución espacial. Desde la perspectiva de la Geografía Racionalista, se procede a establecer los alcances del concepto y su vinculación a los Sistemas de Información Geográfica como herramienta orientada a la aplicación metodológica de superposición cartográfica. En este sentido, se presenta la metodología de detección de cambios de usos del suelo, cuyos resultados cartográficos y estadísticos permiten evaluar su magnitud, enfocados en determinar las superficies de ganancias y pérdidas, cambio neto y total, y los intercambios entre categorías de usos del suelo.

El área de estudio corresponde a tres partidos de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA), donde se produce el crecimiento oeste de la aglomeración urbana. La relevancia de la temática abordada está dada por el impacto negativo que genera el cambio en los usos del suelo a través de la expansión urbana en espacios naturales de conservación y en sitios de producción rural tradicional.

## Análisis de la evolución espacial en Geografía

Si bien la Geografía es considerada como una ciencia del presente, en ningún momento se deja de reconocer la importancia de la dimensión temporal en estudios de mayor alcance, siendo que ir hacia el pasado nos muestra el origen de las manifestaciones empíricas del presente. De este modo, podemos señalar que un análisis centrado en el *dónde* corresponde a una visión basada en la localización y en el *cuándo* en una visión basada en el tiempo. En este sentido, el *cómo*, desde un punto de vista espacial, presentaría el camino evolutivo espacio-temporal. El concepto de evolución espacial considera la incorporación de la dimensión temporal a través de la permanente transición de un estado a otro.

Desde una postura racionalista se considera que el tiempo en Geografía se presenta principalmente de dos maneras: como el tiempo que se incluye en el presente y el que

transcurre en el pasado, que contiene los períodos transcurridos que permiten analizar los procesos que producen la situación actual. También cabe ser destacado que cada situación del pasado puede ser analizada como diferentes configuraciones de un presente (diferentes geografías del presente) y, en este sentido, la comparación entre estas diferentes geografías del presente permiten ver la evolución cambiante previa a la situación actual.

Cabe considerar también que la Geografía además de definirse básicamente como una ciencia del presente que acude al pasado para ver la génesis de las configuraciones espaciales actuales también puede considerarse una ciencia del futuro (ciencia prospectiva). Los avances en esta línea de investigación, a partir de trabajos de modelización (entendida como proceso que lleva a un modelado dinámico de datos espaciales), permiten obtener resultados de simulación relativos a posibles situaciones futuras. Representan distribuciones espaciales hipotéticas que generan visiones instrumentales de utilidad para el ordenamiento y planificación territorial.

## Metodología de análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica

La superposición cartográfica constituye uno de los procedimientos de mayor relevancia dentro de la investigación geográfica. Si bien esta metodología cuenta con una larga tradición, la renovación metodológica de la Geografía Racionalista aportó los procedimientos lógicos para la construcción regional que, a partir de una abstracción intelectual, permite la superposición cartográfica para el establecimiento de nuevos límites en la definición de nuevas áreas homogéneas (Rey Balmaceda, 1992; Buzai y Baxendale, 2006). La tecnología SIG *Raster* incorpora esta metodología en sus aplicaciones al considerar cada componente del espacio geográfico como capa temática o *layer*, definida a partir de un nivel cualitativo. La organización de la información geográfica en capas temáticas constituye el modelo cartográfico, como base de datos que permite la aplicación de operaciones aritméticas para realizar los procedimientos de superposición. Un procedimiento inicial previo consiste en reclasificar las capas temáticas con la finalidad de disminuir sus categorías iniciales o discriminar alguna de ellas. Esto permite construir mapas de tratamiento, siendo insumos para procedimientos más complejos de superposición, como el cruce de categorías de forma tabular, orientado hacia la obtención de mapas de síntesis.

La superposición de mapas de diferentes momentos históricos se presenta como una herramienta para analizar los cambios en las configuraciones espaciales de usos del suelo. De este modo, es posible el descubrimiento de la evolución de los patrones de distribución espacial de cada categoría, cuyos procedimientos de superposición temática se orientan a la definición de correspondencias espaciales desde un enfoque temporal (Buzai y Baxendale, 2011). En este sentido, se procede al cruce de categorías de dos mapas de usos del suelo correspondientes a dos cortes temporales, dando como resultado la combinación de categorías que indican permanencias y cambios de usos del suelo. Es así como se obtienen resultados mediante procedimientos sucesivos que se enmarcan dentro del proceso de modelado cartográfico. Dentro de esta línea metodológica podemos señalar los avances hacia procedimientos más complejos, como el análisis de detección de cambios de usos del suelo (Pontius, Shusas y McEachern, 2004; Martínez Vega, Echevarría Daspet y González Cascón, 2008; Pineda Jaimes, Bosque Sendra y Gómez Delgado, 2008; Plata Rocha, 2010; Ramírez y Pértile, 2013; Lara, 2014; Humacata, 2017a), el análi-

sis de evaluación multicriterio para la identificación de potenciales conflictos entre usos del suelo (Gómez Delgado y Barredo Cano, 2006; Buzai et al., 2017; Principi, 2016), y los modelos de simulación en base a autómatas celulares (Xie y Sun, 2000; Gómez Delgado y Rodríguez Espinosa, 2012; Linares, 2015).

## Metodología de detección de cambios de usos del suelo

La aplicación se basa en la metodología de detección de cambios desarrollada por Pontius et al. (2004). Los procedimientos parten de la tabulación cruzada de dos mapas, lo que genera la denominada matriz de cambios. La matriz se organiza en filas y columnas (Tabla 1). En las primeras se encuentran representadas las categorías del mapa del corte temporal 1 (T1), y en las columnas están las categorías del segundo corte temporal (T2). En la diagonal de la matriz (señalado en color gris) se encuentran representadas las superficies que han permanecido estables entre los dos cortes temporales, mientras que fuera de la matriz se encuentran las superficies de cada categoría que presentan transiciones a otras categorías desde tiempo 1 al tiempo 2. Las columnas Total T1 y Total T2 recogen la suma de cada categoría para cada año respectivamente. A ello se suma la columna referida a las pérdidas de superficie de cada categoría entre los dos cortes temporales, y la fila de las ganancias que cada categoría obtuvo en el periodo analizado.

Tabla 1. Matriz de tabulación cruzada (dos cortes temporales)-Detección de cambios

Categorías	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría n	Total T1	Pérdidas
Categoría 1	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{1n}$	$P_{1+}$	$P_{1+} - P_{11}$
Categoría 2	$P_{21}$	$P_{22}$	$P_{23}$	$P_{2n}$	$P_{2+}$	$P_{2+} - P_{22}$
Categoría 3	$P_{31}$	$P_{32}$	$P_{33}$	$P_{3n}$	$P_{3+}$	$P_{3+} - P_{33}$
Categoría n	$P_{n1}$	$P_{n2}$	$P_{n3}$	$P_{nn}$	$P_{n+}$	$P_{n+} - P_{nn}$
Total T2	$P_{+1}$	$P_{+2}$	$P_{+3}$	$P_{+n}$	1	
Ganancias	$P_{+1} - P_{11}$	$P_{+2} - P_{22}$	$P_{+3} - P_{33}$	$P_{+n} - P_{nn}$		

Fuente: elaboración personal con base en Pontius et al. (2004)

### Indicadores de cambios de usos del suelo

A partir de la matriz de tabulación cruzada se calculan una serie de indicadores que permiten medir las ganancias, las pérdidas, el cambio neto y total, y los intercambios entre las distintas categorías de usos del suelo definidas para el periodo de estudio (Plata Rocha, Gómez Delgado y Bosque Sendra, 2009). A continuación se presentan las definiciones de estos parámetros:

- ≈ Ganancias: se obtienen a partir de la diferencia de la suma total del tiempo 2 (T2) y el valor de la diagonal correspondiente a cada categoría.
- ≈ Pérdidas: se obtienen a partir de la diferencia de la suma total del tiempo 1 (T1) y el valor de la diagonal correspondiente a cada categoría.
- ≈ Cambio neto: este valor se obtiene a partir de la diferencia de las pérdidas y las ganancias de cada categoría.

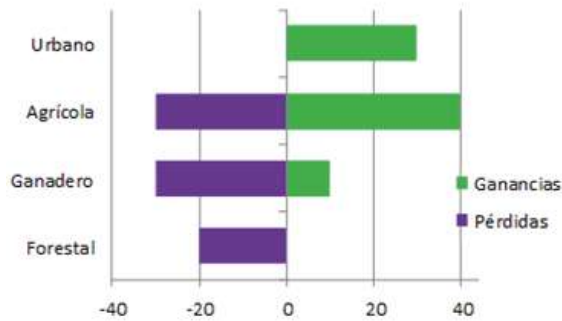
≈ Intercambio: se define como el doble del valor mínimo de las ganancias o las pérdidas.

≈ Cambio total: es el resultado de la suma de las ganancias y las pérdidas.

El cálculo de estos indicadores brinda valores cuantitativos de las superficies de cambio, que pueden ser representados mediante gráficos que permiten la visualización del comportamiento estadístico de indicadores específicos (Figura 1).

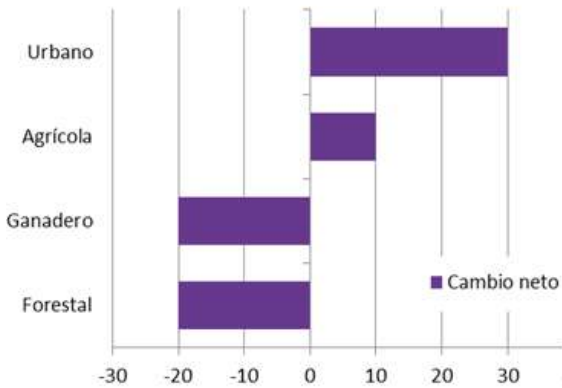
Figura 1. Representaciones gráficas de indicadores de cambios

Gráfico de Ganancias y Pérdidas



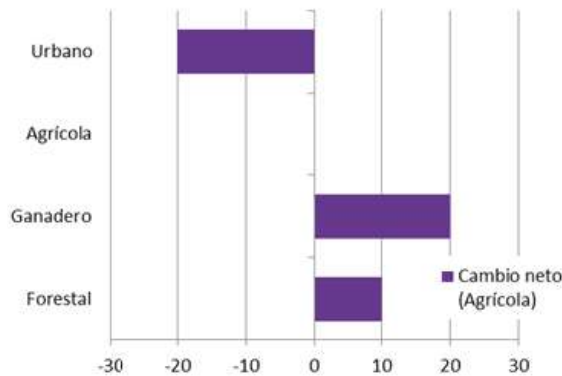
Este gráfico indica las superficies de expansión de una categoría y/o de aquellas que son reemplazadas por otros usos, siendo necesario distinguir entre usos que no presentan pérdidas, como las zonas urbanas que experimentan un incremento de superficie (30), siendo poco común que cambien a otro uso, y de aquellos que presentan los mayores intercambios a partir de la existencia de superficies tanto de ganancias como de pérdidas, tal es el caso de los usos Agrícola y Ganadero. Las superficies forestales experimentan, en este ejemplo, un cambio negativo (-20), lo cual indica una tendencia decreciente.

Gráfico de cambio neto



El cambio neto permite profundizar en el análisis de las transiciones e intercambios entre categorías, al considerar la relación entre las superficies de expansión (Ganancias) y aquellas que indican una disminución de superficie (Pérdidas). El gráfico representa el cambio neto de las cuatro categorías, tanto con valores positivos como negativos. En el primer caso, los usos Urbano y Agrícola indican una mayor proporción de superficies de ganancias que de pérdidas (obteniendo un valor de 30 y 10 respectivamente). Los usos Ganadero y Forestal se presentan con valores negativos, siendo en el primer caso mayor la proporción de pérdidas que de ganancias (-20), y en el segundo se dio únicamente un cambio en el sentido de las superficies de pérdidas.

Gráfico de cambio neto (Uso Agrícola)



Desde un análisis centrado en una categoría específica, es posible conocer aquellas categorías que contribuyeron (a partir de las ganancias y/o pérdidas) a su cambio neto. El gráfico señala la existencia de cambios netos positivos y negativos de la categoría Agrícola. En el primer caso, se indica el incremento de superficie del uso Agrícola a costa de la reducción de áreas destinadas al uso Ganadero y Forestal. En el caso de los valores negativos, se experimenta el avance de la urbanización sobre áreas anteriormente destinadas al uso Agrícola.

### *Cartografía dinámica de usos del suelo*

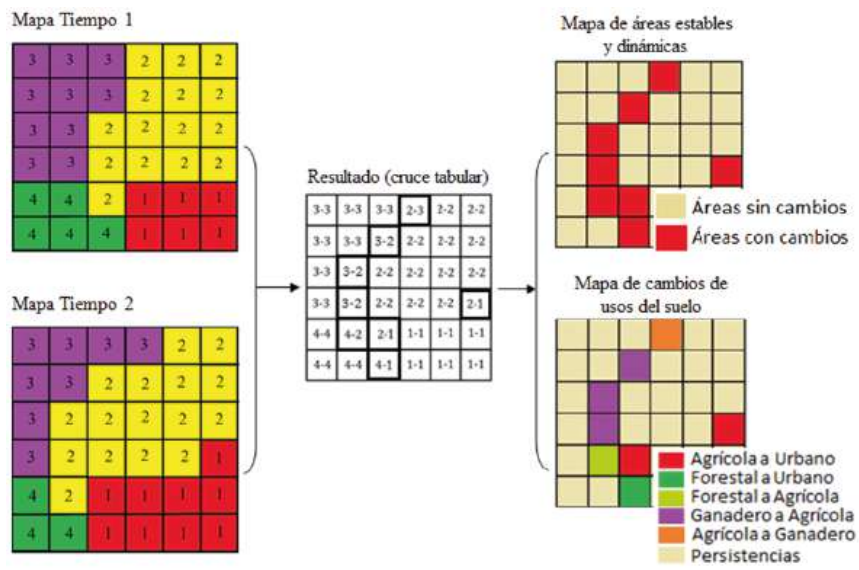
La cartografía dinámica es una herramienta de importancia para analizar los cambios en las configuraciones espaciales de usos del suelo en un periodo determinado. De este modo, es posible el descubrimiento de la evolución de los patrones de distribución espacial de cada categoría. Es así como los procedimientos de superposición temática se orientan a la definición de correspondencias espaciales desde un enfoque temporal. En este sentido, se procede al cruce de categorías de dos mapas de usos del suelo correspondiente a dos cortes temporales, dando como resultado la combinación de categorías que indican permanencias y cambios de usos del suelo.

En este apartado se presenta un ejemplo ilustrativo de los procedimientos de superposición temática para la obtención de cartografía dinámica. Para ello se consideran cuatro categorías de usos del suelo. La categoría 1 corresponde al uso Urbano (color rojo), la categoría 2 hace referencia al uso Agrícola (color amarillo), la categoría 3 señala el uso Ganadero (color violeta) y, por último, la categoría 4 corresponde al uso Forestal (color verde). En base a la combinación de estas categorías se obtendrá la representación cartográfica de los indicadores de cambios.

La Figura 2 muestra los procedimientos de superposición a partir del cruce tabular de dos cortes temporales. Como resultado cartográfico general, se obtiene el mapa de áreas estables, es decir aquellas que no presentaron cambios, y de áreas dinámicas, que indican la existencia de cambios de categorías de usos del suelo. Se procede a obtener nuevas categorías que indican las combinaciones que se produjeron entre categorías para la detección de cambios. De este modo se identifican las áreas que experimentaron transiciones a otros usos del suelo. De las dieciséis combinaciones posibles, surgen cinco categorías de cambios: Categoría 1-Agrícola a Urbano (combinación 2-1), Categoría 2-Forestal a Urbano (combinación 4-1), Categoría 3-Forestal a Agrícola (combinación 4-2), Categoría 4-Ganadero a Agrícola (combinación 3-2), y por último la Categoría 5-Agrícola a Ganadero (combinación 2-3).

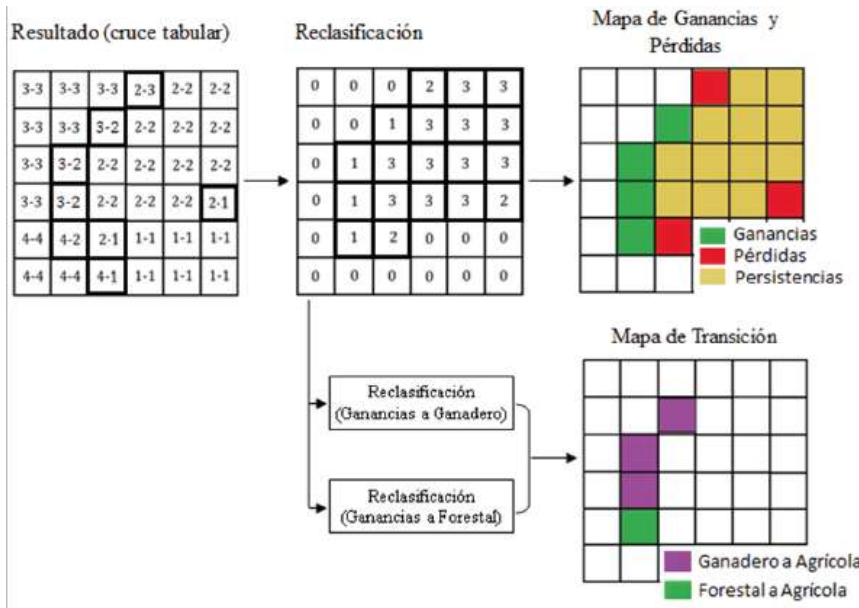
En base a los valores aportados por los indicadores de cambios, se procede a la representación espacial de las áreas que presentan superficies de ganancias y pérdidas, señalando las principales transiciones e intercambios entre categorías. El mapa de la Figura 3 parte de los resultados del cruce tabular para discriminar la categoría de interés (en este caso se seleccionó el uso Agrícola). Mediante un procedimiento de reclasificación de categorías se logra representar las áreas de ganancias y pérdidas, y las áreas que permanecieron estables. En base a las áreas de cambio, es posible identificar las principales transiciones entre categorías. Se hace hincapié en señalar aquellas áreas de transición en el sentido de las ganancias obtenidas por el uso Agrícola. Se procede a partir de un segundo procedimiento de reclasificación de las categorías que aportan superficie, es decir que presentan cambios negativos, indicando una disminución de superficie ocupada. A partir de estos mapas de tratamiento se procede a la superposición cartográfica dando como resultado el mapa síntesis referido a las transiciones entre usos del suelo.

Figura 2. Procedimiento para la obtención de cartografía dinámica (dos cortes temporales)



Fuente: Humacata (2017a)

Figura 3. Procedimiento para la obtención del mapa de Ganancias y Pérdidas (Uso Agrícola) y de Transiciones



Fuente: Humacata (2017a)

## Aplicación y resultados

Esta metodología ha sido estandarizada a partir del módulo *Land Change Modeler for Ecological Sustainability*, que se encuentra como una aplicación correspondiente a la verticalización (Eastman, 2007) del SIG IDRISI, y se ocupa del estudio de los problemas de conversión acelerada de los usos del suelo con objetivos orientados a la conservación de la biodiversidad (Eastman, 2012). De esta manera es posible obtener resultados orientados al análisis estadístico y espacial, convirtiéndose en una propuesta metodológica de suma

importancia a la hora de contar con un diagnóstico de la evolución espacial.

La base de datos cartográfica se ha generado a partir de la combinación de procedimientos de teledetección y SIG, para llegar a definir una tipología de usos del suelo en dos cortes temporales, correspondientes a los años 2000 y 2010. Los aspectos técnicos de elaboración de cartografía temática de usos del suelo mediante Tecnologías de la Información Geográfica han sido presentados con mayor detalle en Humacata (2017b).

La matriz de cambios que se obtuvo a partir del cruce tabular de los dos mapas, se puede observar en la Tabla 2.

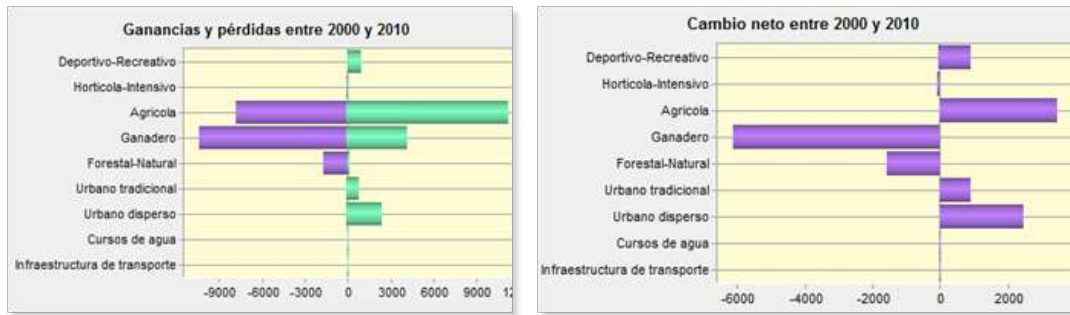
Tabla 2. Matriz de cambios de usos del suelo en el período 2000-2010. En hectáreas

Categorías	Transporte	Cursos de agua	Urbano disperso	Urbano compacto	Forestal-Natural	Ganadero	Agrícola	Hortícola-Intensivo	Deportivo-Recreativo	Suma T1	Pérdidas
Infraestructura de transporte	1809,04	0	0	0	0	0	0,32	0	0	1809,36	0,32
Cursos de agua	0	2083,48	0	0	0	0	0,12	0	0	2083,6	0,12
Urbano disperso	0	0	3002,72	0,16	0	0	0	0	0,28	3003,16	0,44
Urbano compacto	0	0	0,08	21324,12	0	0	1,8	0	0	21326	1,88
Forestal-Natural	0	0	76,12	3,16	1146,2	167,44	1464,8	0,72	0	2858,44	1712,24
Ganadero	0	0	352,44	29,36	13,6	10922,04	9745,2	0	219,84	21282,48	10360,44
Agrícola	0	0	2032,76	799,96	127,8	4087,72	70464,12	65,16	725,92	78303,44	7839,32
Hortícola-Intensivo	0	0	0	70,52	0	0	70,96	963,96	0	1105,44	141,48
Deportivo-Recreativo	0	0	0	0	0	0	0	0	682	682	0
Suma T2	1809,04	2083,48	5464,12	22227,28	1287,6	15177,2	81747,32	1029,84	1628,04	132453,92	20056,24
Ganancias	0	0	2461,4	903,16	141,4	4255,16	11283,2	65,88	946,04	20056,24	

Fuente: Humacata (2017a)

Los gráficos de la Figura 4 presentan las ganancias y las pérdidas y el cambio neto experimentadas por las categorías en el periodo 2000-2010. El primer gráfico nos indica que las categorías que han ganado mayores superficies en valores absolutos son el uso Agrícola (11.283 ha), Ganadero (4.255 ha), y Urbano disperso (2.461 ha); seguido de Deportivo-Recreativo (946 ha), y Urbano tradicional o compacto (903 ha). Por otro lado, las categorías que han perdido mayores superficies en valores absolutos son el uso Ganadero (10.360 ha), Agrícola (7.839 ha), y en menor medida Forestal-Natural (1.712 ha).

Figura 4. Ganancias y pérdidas y Cambio neto de usos del suelo entre 2000 y 2010



Fuente: Humacata (2017a)

La diferencia entre las ganancias y pérdidas, da como resultado el cambio neto de cada categoría. Los cambios netos positivos más significativos se dan en las categorías Agrícola (3.444 ha) y Urbano disperso (2.461 ha), seguido con valores inferiores por los usos Deportivo-Recreativo y Urbano compacto. Por otro lado, las categorías Ganadero (-6.106 ha), Forestal-Natural (-1.571 ha) y Hortícola-Intensivo (-76 ha), presentan cambios netos negativos. Las mismas han experimentado una mayor proporción de pérdidas con respecto a las ganancias que obtuvieron en el periodo analizado.

Los indicadores de cambios se presentan en la Tabla 3. Los mismos nos permiten cuantificar la superficie (expresada en hectáreas) de cambio de cada categoría, señalando aquellas que han obtenido ganancias y/o pérdidas, la contribución de cada una al cambio neto y total, y los intercambios entre la totalidad de categorías.

Tabla 3. Indicadores de cambios en el periodo 2000-2010. En hectáreas

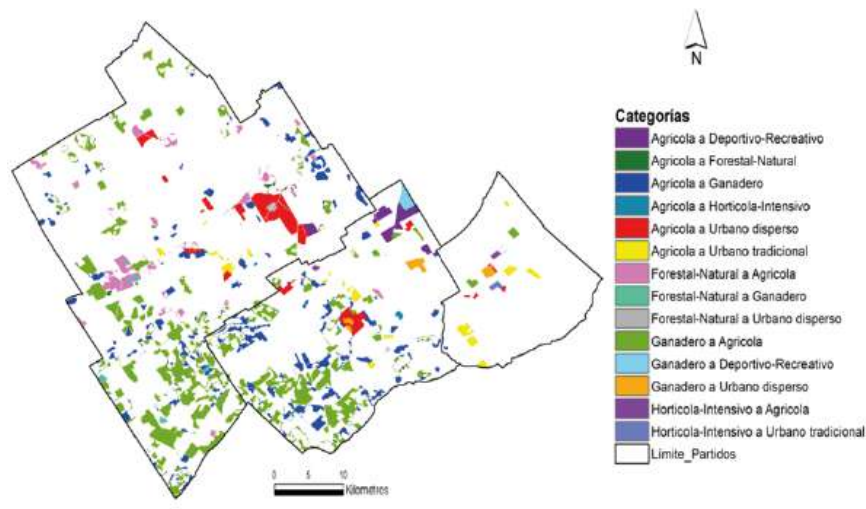
Categorías	Sup. T1	Sup. T2	Ganancia	Persistencia	Pérdida	Cambio Neto	Cambio Total	Intercambio
Infraestructura de transporte	1809,36	1809,04	0	1809,04	0,32	0,32	0,32	0
Cursos de agua	2083,6	2083,48	0	2083,48	0,12	0,12	0,12	0
Urbano disperso	3003,16	5464,12	2461,4	3002,72	0,44	2460,96	2461,84	0,88
Urbano tradicional	21326	22227,28	903,16	21324,12	1,88	901,28	905,04	3,76
Forestal-Natural	2858,44	1287,6	141,4	1146,2	1712,24	-1570,84	1853,64	282,8
Ganadero	21282,48	15177,2	4255,16	10922,04	10360,44	-6105,28	14615,6	8510,32
Agrícola	78303,44	81747,32	11283,2	70464,12	7839,32	3443,88	19122,52	15678,64
Hortícola-Intensivo	1105,44	1029,84	65,88	963,96	141,48	-75,6	207,36	131,76
Deportivo-Recreativo	682	1628,04	946,04	682	0	946,04	946,04	0

Fuente: Humacata (2017a)



La cartografía dinámica de los indicadores de cambios de usos del suelo nos permite avanzar en la descripción y análisis de los patrones de distribución espacial de cada categoría, destacando las superficies permanentes y aquellas que presentan mayor dinamismo a través del avance o retroceso de la superficie ocupada. Con una superficie total de 132.454 hectáreas, el área de estudio cuenta con una mayor proporción de su territorio que ha permanecido estable, representando una superficie del 85% (112.398 ha), siendo la superficie de las zonas dinámicas de un 15% (20.056 ha), dando como resultado una tasa de cambio global de 2.006 ha/año. El mapa que se presenta a continuación (Figura 5), señala las superficies que han experimentado cambios desde el año 2000 al 2010. A partir de la superposición de los dos mapas, es posible detectar cartográficamente aquellas áreas que han cambiado de uso del suelo, siendo un total de 14 categorías, las cuales indican cambios tanto positivos (ganancias) como negativos (pérdidas).

Figura 5. Cambios de coberturas/usos del suelo entre 2000 y 2010



Fuente: Humacata (2017a)

## Conclusiones

El estudio de la dinámica de la ocupación del suelo mediante la incorporación de la dimensión temporal tiene como finalidad el descubrimiento de la variación espacio-temporal de los patrones de distribución espacial de las categorías de usos del suelo. El análisis y la modelización de estos cambios, posibilitado metodológicamente por el modelado cartográfico, aporta herramientas orientadas a la cuantificación de la magnitud y la distribución espacial de las categorías analizadas. De esta manera se procedió a la evaluación de los cambios a partir de insumos estadísticos y cartográficos, lo cual brinda amplias posibilidades para realizar un análisis detallado de los cambios reales en la ocupación del suelo, especificando las superficies de ganancias, pérdidas, cambio neto y total, e intercambios.

El desarrollo metodológico que hemos presentado en este trabajo permite destacar la relevancia de su incorporación en el estudio de la dinámica temporal en partidos que están sujetos a procesos de urbanización de gran dinamismo y aparición de conflictos ante cambios de usos del suelo, a partir de la generación de conocimientos en un nivel de focalización espacial, en apoyo a la elaboración de un diagnóstico territorial de la evolu-

ción espacial de la ocupación del suelo, constituyéndose en una valiosa herramienta para el ordenamiento territorial a nivel urbano-regional.

## Referencias

- Buzai, G.D. y Baxendale, C.A. (2006). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G.D. y Baxendale, C.A. (2011). Crecimiento urbano y pérdida de suelos productivos en la aglomeración Gran Buenos Aires (1869-2011), Argentina. En G.D. Buzai, C.A. Baxendale, G. Cacace y M.A. Dzenolettas *Análisis de usos del suelo urbano y regional. Localizaciones óptimas y conflictivas estudiadas con Sistemas de Información Geográfica. Serie publicaciones del PROEG N° 11* (pp. 175-183). Luján: Universidad Nacional de Luján.
- Buzai, G.D.; Lanzelotti, S.; Humacata, L.; Principi, N.; Acuña Suárez, G. y Baxendale, C.A. (2017). 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 de Luján y los potenciales conflictos entre usos del suelo. *Memorias XVI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica* (pp. 245-252). Universidad del Azuay. Cuenca.
- Eastman, R. (2007). La verticalización de los Sistemas de Información Geográfica. *Memorias XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica* (pp. 183-195). Luján: Universidad Nacional de Luján.
- Eastman, R. (2012). *Guía IDRISI Selva*. Land Change Modeler. Worcester. USA. Clark Labs. Clark University.
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J.I. (2006). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. México: Alfaomega-Ra-Ma.
- Gómez Delgado, M. y Rodríguez Espinosa, V.M. (2012). *Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. Madrid: Ra-Ma.
- Humacata, L. (2017a). *Análisis espacial de los cambios de usos del suelo en partidos de interfase urbano-rural de la Región Metropolitana de Buenos Aires, en el periodo 2000-2010, mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica*. (Tesis de Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Azul.
- Humacata, L. (2017b). Análisis espacial de cambios de usos del suelo en partidos del sector de crecimiento oeste metropolitano (RMBA): perspectiva técnico-metodológica. *Revista del Departamento de Ciencias Sociales*, 4, 1-24. Luján.
- Lara, B. (2014). *Fragmentación de pastizales en el centro de la provincia de Buenos Aires mediante imágenes LANDSAT*. (Tesis de Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Azul.
- Linares, S. (2015). Aplicación de modelos de simulación de crecimiento urbano. En G.D. Buzai, G. Cacace, L. Humacata y S.L. Lanzelotti (Comps.) *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 1: Por una Geografía de lo real*. Mercedes: MCA Libros.
- Martínez Vega, J.; Echavarría Daspert, P. y González Cascón, V. (2008). Detección de cam-