

Análisis de indicadores de cambio de usos del suelo y vulnerabilidad de cambio en la ciudad de Goya, Corrientes, Argentina, entre 1990 y 2016

Laura Fabiana Gómez¹

Universidad Nacional del Nordeste

@ [laura.f.gomez@gmail.com]

RECIBIDO 17-12-2020
ACEPTADO 22-03-2021

Cita sugerida.: Gómez, L. F. (2021) Análisis de indicadores de cambio de usos del suelo y vulnerabilidad de cambio en la ciudad de Goya, Corrientes, Argentina, entre 1990 y 2016. Revista *Huellas*, Volumen 25, Nº 1, Instituto de Geografía, EdUNLPam: Santa Rosa. Recuperado a partir de: <http://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas>

DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/huellas-2021-2503>

Resumen

El presente trabajo tiene como propósitos cuantificar y describir los cambios ocurridos en el uso del suelo en la ciudad de Goya, provincia de Corrientes, Argentina, entre 1990 y 2016, y analizar la tendencia que presentan los cambios en los usos del suelo definidos para esta ciudad en relación con su persistencia en cuanto a ganar, perder o mantener su superficie actual. Para concretar el primer punto se calcularon las ganancias, pérdidas, cambios netos, cambios totales, transiciones e intercambios experimentados por las distintas categorías de uso en base a la metodología propuesta por Pontius, Shusas y Mceachern (2004). Dichas métricas fueron obtenidas por un lado mediante una matriz de tabulación cruzada que compara los dos años citados, y por otro haciendo uso del Modelador de Cambios del Terreno (*Land Change Modeler – LCM*) del Software Idrisi versión Selva. Para el análisis de la vulnerabilidad de cambio de usos del suelo se usó la metodología propuesta por Braimoh (2006) que se basa en el cálculo de índices de ganancias, pérdidas y cambios netos en relación con la persistencia de cada clase. Los resultados del trabajo muestran, en primer lugar, la dinámica que existió en el territorio en 26 años en torno a los cambios en los usos del suelo, en segundo lugar, presentan el análisis de la vulnerabilidad que tienen tales usos en torno a ganar o perder superficie que constituye una información relevante al momento de planificar el crecimiento de la ciudad.

Palabras Clave: Cambios de Usos del Suelo, Matriz de Tabulación Cruzada, Planificación del Territorio, Ciudad Intermedia



Analysis of indicators of changes in land use and vulnerability of change in the city of Goya, Corrientes province, Argentina, between 1990 and 2016

Abstract

The present work aims to quantify and describe the changes that occurred in land use in the city of Goya, Corrientes province, Argentina, between 1990 and 2016, and to analyze the trends that the changes in land use present in this city in relation to its persistence in gaining, losing or maintaining its current surface. To specify the first point, the gains, losses, net changes, total changes, transitions and exchanges experienced by the different categories of use were calculated, based on the methodology proposed by Pontius, Shusas and Mceachern (2004). These metrics were obtained, on the one hand, by means of a cross-tabulation matrix that compares the two aforementioned years, and on the other, by using the Land Change Modeler (LCM) of the Idrisi Software Selva version. For the analysis of the vulnerability of land use change, the methodology proposed by Braimoh (2006) was used, which is based on the calculation of indices of gains, losses and net changes in relation to the persistence of each class. The results of the work show, firstly, the dynamics that existed in the territory along 26 years in relation to changes in land use; secondly, they present the analysis of the vulnerability that such uses have in relation to winning or losing surface area, that constitutes relevant information when planning the growth of the city.

Keywords: Land Use Changes, Cross Tabulation Matrix, Territorial planning, Intermediate City

Análise dos indicadores de mudanças do uso do solo e vulnerabilidade de mudanças na cidade de Goya, Corrientes, Argentina, entre 1990 e 2016

Resumo

O presente trabalho tem como propósito quantificar e descrever as mudanças ocorridas no uso do solo na cidade de Goya, província de Corrientes, Argentina, entre 1990 e 2016, e analisar a tendência que apresentam as mudanças no uso do solo definidos para esta cidade em relação com sua persistência quanto ganhar, perder ou manter sua superfície atual. Para concretar o primeiro ponto, calcularam-se os ganhos, perdas, mudanças netas, mudanças totais, transições e intercâmbios experimentados pelas diferentes categorias de uso com base na metodologia proposta por Pontius, Shusas y Mceachern (2004). Tais métricas foram obtidas, por um lado, através de uma matriz de tabulação cruzada que compara os dois anos citados, e por outro fazendo uso do Modelador de Mudanças do Terreno (*Land Change Modeler – LCM*) do Software Idrisi versão Selva. Para a análise de vulnerabilidade de mudanças de usos do solo utilizou-se a metodologia proposta por Braimoh (2006) que se baseia no cálculo de índices de ganhos, perdas e mudanças netas em relação com a persistência de cada classe. Os resultados mostram, em primeiro lugar, a dinâmica que existiu no território em 26 anos sobre as mudanças nos usos do solo, em segundo lugar, apresentam a análise da vulnerabilidade que tem esses usos sobre ganhos e perdas de superfície e que constituem uma informação relevante no momento de planificar o crescimento da cidade.

Palavras-chave: Mudanças de uso no solo; Matriz de Tabulação Cruzada; Planificação do Território; Cidade Intermédia

Introducción

La República Argentina es uno de los países más urbanizados de la región, 92% de la población vive en ciudades. Se afirma además que, como en toda América Latina, son sus ciudades intermedias² las que han experimentado un mayor crecimiento en los últimos años (Manzano y Velazquez, 2015; Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018). En palabras de Terraza, Blanco y Vera (2016) “hoy, en las geografías en desarrollo, la urbanización está siendo empujada por una red de ciudades intermedias, pero de crecimiento acelerado”, p. 26).

En general el crecimiento del tamaño de las ciudades, que suele ser rápido y desordenado en los países en desarrollo, puede exceder los límites de lo conveniente y derivar en una deficiente organización; la incidencia negativa de los costos de urbanización como la congestión vehicular, la contaminación, la informalidad, la pobreza y la desigualdad suelen acotar ventajas de aglomeración urbana (Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018, p. 06).

En este sentido, dado su tamaño poblacional y sus dimensiones espaciales, las ciudades intermedias adquieren protagonismo al ser alternativas a las megaciudades, en las que se pueden lograr (planificación urbana de por medio) desarrollos territoriales equilibrados y sustentables, donde es posible evitar los errores experimentados por las grandes aglomeraciones urbanas debido a su crecimiento incontrolado, y donde es posible proveer de bienes y servicios a las poblaciones que albergan municipios cercanos y descentralizar administrativa y gubernamentalmente a las grandes ciudades generando más participación ciudadana. “(...) En definitiva son los mejores escenarios para poner en práctica el lema ‘pensar global y actuar local’ que propone el desarrollo sustentable” (Hernández Ruíz, 2014, p.64).

Entre las consecuencias del crecimiento de una ciudad y la expansión urbana vinculada se encuentran los cambios en los usos del suelo (aquellos definidos por la actividad humana sobre el territorio), que responden a procesos dinámicos y complejos que vinculan la naturaleza y la sociedad (Pineda Jaimes y Santana Castañeda, 2019). Los mismos implican efectos sobre el clima, el suelo, el agua y la biodiversidad. Por tal motivo, la dinámica en el territorio se posiciona como objeto de interés y su monitoreo constante es de suma importancia para la comprensión del proceso de urbanización, ordenamiento y planificación del territorio.

En la actualidad, el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se convierte en una potente herramienta para encarar la planificación del espacio dada su capacidad de incorporar datos, distintas fuentes,

confeccionar cartografía temática, analizar la evolución de los diferentes usos del suelo (tanto a nivel numérico como espacial) y permitir el análisis de la dinámica ocurrida entre ellos.

El conocimiento de los usos del suelo, su magnitud y la forma en que se comportan e interrelacionan en el tiempo son insumos interesantes al momento de analizar los cambios en el pasado y considerarlos como antecedentes a la hora de pensar, tanto el ordenamiento del territorio como su planificación a futuro, tomando en cuenta que la configuración espacial del uso del suelo es reflejo de decisiones de administradores pasados y, en la misma línea, las respuestas diseñadas en la actualidad para resolver problemas existentes tendrán impactos en procesos futuros. En síntesis, resulta esencial determinar las dinámicas más significativas en los cambios en los usos del suelo y cuáles de dichos usos se presentan como más vulnerables a experimentar modificaciones, para diseñar y tomar decisiones adecuadas en torno a la gestión del territorio.

Goya, segunda ciudad de la provincia de Corrientes según su cantidad de habitantes, tiene la particularidad de haberse localizado en una región baja. Esta ciudad experimentó una expansión urbana importante en los últimos años lo que conllevó cambios en los usos del suelo en espacios ambientalmente vulnerables tales como la localización de asentamientos humanos en áreas anegables y potencialmente inundables. Por este motivo resulta imprescindible preservar ciertos usos, monitorearlos y generar insumos que colaboren en el proceso de ordenación y de planificación del territorio respetando el ambiente de forma sustentable sin dejar de considerar las características propias de la ciudad.

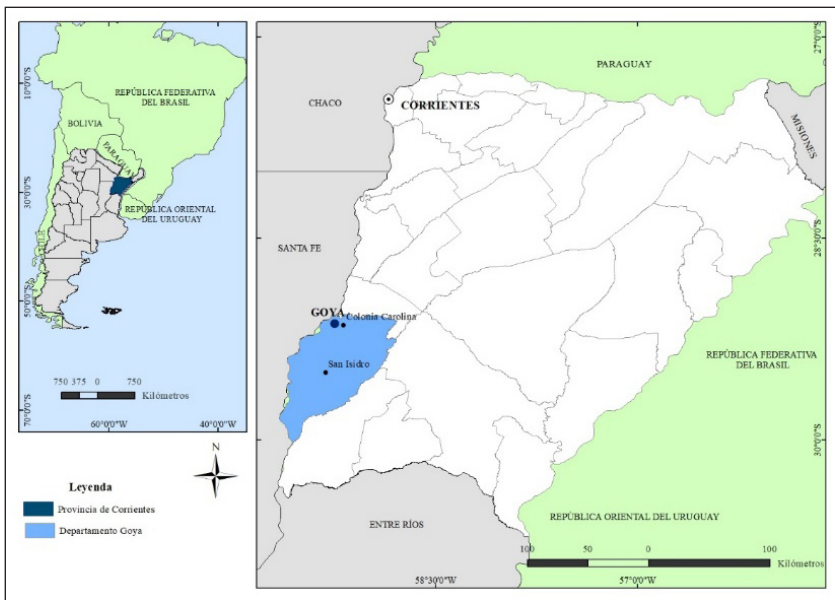
En correspondencia con lo dicho, los objetivos específicos del presente trabajo son:

- 1) Cuantificar los cambios en los usos del suelo en el lapso de 26 años (1990-2016) en la ciudad de Goya, mediante el cálculo de persistencias, pérdidas, ganancias, cambio total, cambio neto e intercambios de cada clase o categoría de uso de suelo identificado. Las métricas calculadas derivan de la aplicación de la metodología propuesta por Pontius (2004) la que “desde un punto de vista estadístico describe la magnitud de los cambios de los usos del suelo que puede haber en un paisaje geográfico” (Pineda Jaimes y Santana Castañeda, 2019, p.75).
- 2) Identificar la vulnerabilidad que posee cada clase de cambiar a otra categoría en base al cálculo de índices de persistencias, índices de pérdidas, índices de ganancias e índices de cambio neto, usando la metodología propuesta por Braimoh (2006).

Área de Estudio

La ciudad de Goya se localiza en la región llamada “Río Santa Lucía” de la provincia de Corrientes (28°08'00"LS y 59°15'00"LW), en la margen izquierda del Paraná en un sitio bajo³, anegadizo, con microclima húmedo y se ubica a 223 kilómetros al sur de la capital provincial, con la cual se conecta mediante la actual Ruta Nacional N° 12 (Mari, 2000). Es la cabecera del departamento y del municipio de nombre homónimo que además incluye los municipios de Colonia Carolina y San Isidro (Figura N° 1).

Figura N° 1. División Política de la República Argentina (Izquierda) y de la Provincia de Corrientes (Derecha).



Fuente: Elaboración Propia sobre la base de archivos vectoriales del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La ciudad no posee una fecha de fundación establecida ya que surgió y creció de manera espontánea a partir del siglo XVIII fruto del comercio fluvial con el Paraguay a través del Río Paraná, sin embargo, se considera el año 1807 como el de su fundación. El movimiento comercial a orillas del riacho Goya (a poca distancia del Río Paraná) produjo la migración de paisanos que antes se localizaban en tierras vecinas no inundables y cercanas a la traza del Camino Real que unía Buenos Aires, Corrientes y Asunción, en este devenir Goya alcanza el rango de ciudad en el año 1852

(Mari, 2000). “La estructura urbana de esta ciudad toma las características propias de la planificación en grilla colonial con cuadrículas de 100 x 100 metros. Este sistema ha establecido una hoja de ruta para el posterior crecimiento de la ciudad (...)” (Schaidreiter; Lopez Solis, Mashini, Coto-ruelo, Ruiz y Descalzo, 2016, p.22).

Figura N° 2. Planta urbana de la Ciudad de Goya en la actualidad



Fuente: Integración en base a SIG 250-IGN y Google Earth.

Goya presenta una posición geográfica estratégica, su localización la convierte en un paso obligado en el recorrido desde la capital correntina hacia el sureste. Se encuentra conectada a través de la Ruta Provincial N° 27 y la Ruta Nacional N° 12 (Figura N° 2), que brindan directa accesibilidad al núcleo urbano y permiten la interconexión con importantes centros urbanos provinciales y regionales (Schaidreiter et al., 2016). Asimismo, es posible el acceso desde la ciudad de Reconquista por vía fluvial, aunque la escasa utilización de estos medios dada la poca infraestructura disponible, como así también el desmantelamiento del sistema ferroviario, no reflejan la importancia regional de la ciudad y su rol en la microrregión. No obstante, se prevé un nodo regional importante para la ciudad⁴, especialmente con la ejecución del proyecto de Puente Goya-Reconquista⁵ (Provincia de Santa Fe) (Plan Estratégico para el Desarrollo Urbano Ambiental del Municipio de Goya – PEDUAM Goya, 2012).

La ciudad que analizamos es uno de los asentamientos urbanos que forma parte del conjunto de 37 localidades de más de 2.000 habitantes que constituyen el sistema urbano de Corrientes, segunda en tamaño de población luego de la ciudad capitalina que alberga cuatro veces más cantidad de habitantes. Para el año 2010 (fecha del último censo nacional de población, hogares y viviendas realizado en la República Argentina), contaba con 71.606 habitantes, lo que representaba el 81% de toda la población del departamento⁶ (INDEC, 2010).

Tanto su tamaño poblacional como sus condiciones de localización y el hecho de ser la segunda aglomeración urbana de la provincia, la convierten en una de las ciudades intermedias del sistema urbano correntino. Sumado a lo anterior, la expansión urbana que experimentó Goya en los últimos años y la dinámica entre los usos del suelo que tal expansión implica, fundamentan el interés por analizar la evolución de dichos usos del suelo en el presente trabajo.

Materiales y Métodos

Materiales

El estudio requirió de la utilización de dos mapas de usos del suelo, uno para el inicio y otro para el fin del período analizado. Estos se elaboraron usando diferentes fuentes de información, materiales y recursos. El insumo básico fueron imágenes satelitales⁷ de la misión Landsat 5 sensor Thematic Mapper –TM– para el año 1990 y Landsat 8 sensor Operational Land Imager –OLI– para el año 2016 (según la disponibilidad en función de las fechas consideradas) (www.earthexplorer.usgs.gov, fecha de visita: 28 de Junio de 2016).

Se ha analizado además información gráfica, con sus atributos relacionados, vinculada a los registros catastrales de la provincia; capas vectoriales que ayudaron para definir espacialmente los límites del área de estudio realizada en base a los ejidos urbanos establecidos por el Instituto Geográfico Nacional –IGN– y para enmarcar las características particulares de la ciudad (existencia de cursos de agua, infraestructura vial); por último, se utilizaron, imágenes satelitales de mayor resolución provenientes de *Google Earth* que oficiaron de apoyo en la confección de la cartografía temática de la ciudad (de años pasados), y permitieron corroborar los resultados obtenidos en relación a la confiabilidad de tal cartografía.

Luego de realizar una clasificación supervisada⁸ se obtuvo, para cada momento considerado en el estudio, una cartografía temática con 5 categorías de usos del suelo (Figuras N° 3a. y N° 3b.⁹) definidas como sigue:

Área Urbana Consolidada (AUC): Comprende todo aquel fraccionamiento en manzanas o unidades equivalentes, determinadas total o parcialmente por calles, como asimismo aquellas parcelas que no estando divididas estén rodeadas parcial o totalmente por fraccionamiento en manzanas o unidades equivalentes, destinadas a asentamientos humanos intensivos, en los que se desarrollan usos vinculados con la residencia, las actividades terciarias y de producción compatibles.¹⁰

Área Periurbana (AP): (a) Área a consolidar: aquellas con servicio de alumbrado público o de agua potable, como mínimo y; (b) De expansión: aquellas contiguas a las anteriores con posibilidades de conexión a redes de provisión de servicios, vinculadas con vía o calle pública existente¹¹.

Infraestructura (INF): Considera las rutas provinciales y nacionales, vías férreas, defensas, aeropuertos e infraestructura relacionada con las actividades urbanas y rurales.

Cuerpos y cursos de agua (CCA): Cursos de agua permanente y no permanente. Áreas o espacios anegables e inundables.

Áreas verdes y cobertura vegetal urbana (AVCVU): Espacio con predominio de parques, plazas, jardines, paseos, parterres, plantíos, vegetación arbórea. Incluyen los jardines centrales en vías públicas.

Métodos

Para estimar la variabilidad de las cubiertas se destaca el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG/GIS) y, en particular, del Modelador de Cambios del Terreno (Land Change Modeler –LCM–) disponible en el software IDRISI desarrollado por la Universidad de Clark (<https://clarklabs.org/>). Mediante el LCM se determinaron cambios netos, ganancias y pérdidas experimentados por cada categoría de uso, y transiciones e intercambios entre categorías, es decir la variabilidad entre las cubiertas.

Los resultados se expresaron en forma gráfica y cartográfica y se complementaron con una matriz de tabulación cruzada o matriz de transición (metodología desarrollada por Pontius et al., 2004) que permite, luego de cuantificar la superficie que abarca cada clase de uso, determinar los cambios ocurridos entre las categorías temáticas representadas en los dos mapas de diferentes momentos. En la matriz resultante, los valores que se presentan en la diagonal principal se corresponden con aquellos píxeles que se han mantenido constantes en el tiempo. Por el contrario, los que se encuentran fuera de la diagonal principal representan las transiciones entre las diferentes clases, es decir, los píxeles que experimentaron movimientos de una categoría a otra.

Los conceptos trabajados a partir de la matriz de tabulación cruzada se detallan a continuación:

Persistencia respecto de una categoría de análisis X_i . **Pers(X_i)**: Porción de superficie de la categoría de análisis X_i que se mantuvo constante entre T_1 (primer momento considerado) y T_2 (segundo momento considerado).

Ganancia respecto de una categoría de análisis X_i . **Gan(X_i)**: Porción de superficie de la categoría de análisis X_i en el tiempo T_2 (segundo momento considerado) que en el tiempo T_1 (primer momento considerado) correspondía a otra clase $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$ con $i \neq j$. El valor de la misma se calculará mediante la diferencia: $Sup(X_i)_{T_2} - Pers(X_i)$.

Pérdida respecto de una categoría de análisis X_i . **Perd(X_i)**: Porción de superficie de la categoría de análisis X_i en el tiempo T_1 (primer momento considerado) que en el tiempo T_2 (segundo momento considerado) correspondía a otra clase $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$ con $i \neq j$. El valor de la misma se calculará mediante la diferencia: $Sup(X_i)_{T_1} - Pers(X_i)$.

Cambio neto respecto de una categoría de análisis X_i : Valor absoluto de la sustracción entre la superficie de la categoría X_i en un tiempo T_2 (segundo momento considerado), respecto de un tiempo anterior T_1 (primer momento considerado).

$$CN(X_i) = |Sup(X_i)_{T_2} - Sup(X_i)_{T_1}|$$

Cambio Total respecto de una categoría de análisis X_i : Sumatoria de la superficie ganada por la categoría X_i y la superficie perdida por la categoría X_i entre el T_2 (segundo momento considerado) y el T_1 (primer momento considerado).

$$CT(X_i) = Gan(X_i) + Perd(X_i)$$

Intercambio respecto de una categoría de análisis X_i : Doble producto entre el valor mínimo de la superficie ganada por la categoría X_i y la super-

ficie perdida por la categoría X_i entre el T_2 (segundo momento considerado) y el T_1 (primer momento considerado).

$$\mathbf{Inter}(X_i) = 2 \cdot \min\{\mathbf{Gan}(X_i); \mathbf{Perd}(X_i)\}$$

Transiciones a una categoría j respecto de una categoría de análisis X_i . Superficie de la categoría X_i en T_1 (primer momento considerado) que se transformó en otra categoría $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$ con $i \neq j$, en el T_2 (segundo momento considerado).

$$\mathbf{Trans}(X_i)_{T_1} = (X_j)_{T_2}; i \neq j$$

Como complemento a las métricas calculadas se obtuvieron índices de persistencias propuestos por Braimoh (2006) que se utilizan para “evaluar las características de las zonas estables en relación a ganancias, pérdidas y cambios netos” (Pineda Jaimes, Bosque Sendra y Gómez Delgado, 2008, p. 09), y se calculan como se detalla a continuación:

Índice de ganancia a persistencia respecto de una categoría de análisis X_i . Cociente entre las ganancias experimentadas por la categoría X_i y la persistencia de la misma:

$$\mathbf{IGan}(X_i) = \frac{\mathbf{Gan}(X_i)}{\mathbf{Pers}(X_i)}$$

Índice de pérdida a persistencia respecto de una categoría de análisis X_i . Cociente entre las pérdidas experimentadas por la categoría X_i y la persistencia de la misma:

$$\mathbf{IPer}(X_i) = \frac{\mathbf{Perd}(X_i)}{\mathbf{Pers}(X_i)}$$

Índice de cambio neto a persistencia respecto de una categoría de análisis X_i . Diferencia entre el índice de ganancia a persistencia y el índice de pérdida a persistencia:

$$\mathbf{ICN}(X_i) = \mathbf{IGan}(X_i) - \mathbf{IPer}(X_i)$$

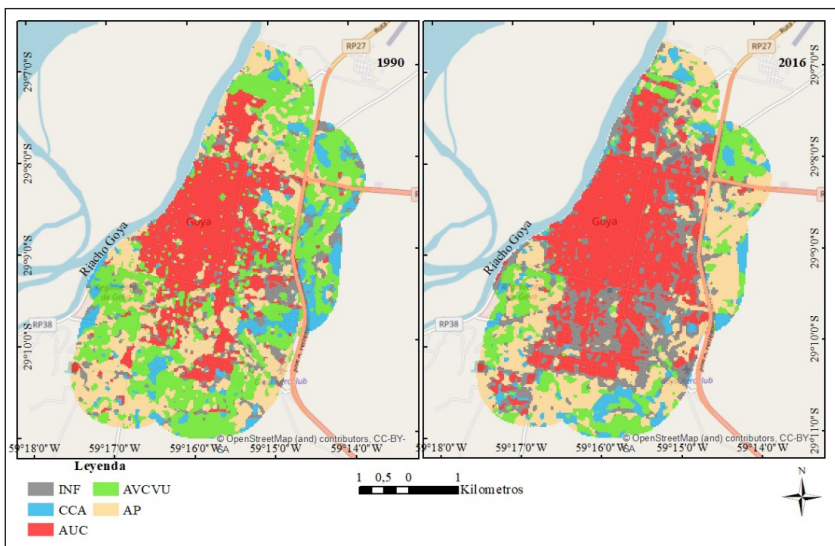
Las interpretaciones de estos índices explican si una clase tiende a presentar una transición hacia otra cuando el resultado es mayor a 1.

Resultados

Análisis de los cambios en los usos del suelo

Un primer análisis visual de los mapas de usos de suelo resultantes de la clasificación supervisada (Figuras N° 3.a y N° 3.b.) permiten observar un evidente avance de la categoría AUC sobre las restantes. Este se manifiesta en todas las direcciones (a excepción del oeste dada la presencia del Riacho Goya) y se mantiene dentro de los límites marcados por las defensas existentes materializadas por las Rutas Nacional N° 12 y Provincial N° 127.

Figuras N° 3. a (1990) y N° 3.b (2016): Usos de suelo de Goya.



Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada.

Al respecto, Mari (2000) expuso que parte de la expansión de la ciudad se dirigió hacia el norte (sector más elevado de la ciudad), como consecuencia de la construcción de barrios del FONAVI y del Banco Hipotecario Nacional; también se fortaleció hacia el sector sur y sudeste debido a la edificación de barrios planificados por el estado o viviendas sociales, destinados, por un lado, a la reubicación de la población afectada por la histórica inundación de principios de 1998, y, por otro lado, a loteos particulares posteriores.

Entre los factores de expansión importantes para el avance del AUC pueden destacarse la presencia de las Rutas Provincial N° 27 y Nacional

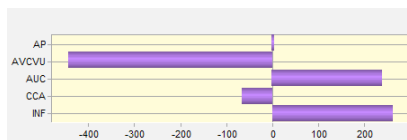
N° 12 al este de la ciudad, la construcción de las defensas definitivas de la ciudad ante crecidas del río y la pavimentación de los accesos a los barrios planificados antes descriptos. En el suroeste se aprecian vacíos urbanísticos debido a la existencia de los cuarteles del regimiento de ingenieros N° 7 y a continuación de ellos terrenos muy bajos que sufren las crecidas periódicas del río Paraná (Mari, 2000). Por otro lado, se evidencia una fuerte consolidación de la categoría, disminuyendo los intersticios existentes observados en la clasificación supervisada del año 1990.

En relación a la descripción de los cambios de los usos definidos y su cuantificación, el cuadro N° 1 resume las métricas calculadas.

Respecto de las proporciones de cada clase en los momentos de análisis, es posible distinguir el aumento de las mismas en las clases INF (9,38%) y AUC (8,59%) en 26 años. Por su parte, las proporciones de CCA y AVCVU disminuyeron en este periodo (2,33% y 15,85% respectivamente). Por último, la clase AP mantuvo (aproximadamente) su proporción en este tiempo (varió en un 0,21%).

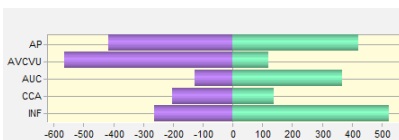
Si se traducen los porcentajes expresados a valores absolutos (en hectáreas), pueden leerse en la columna de Cambios Netos. En este sentido, relacionando el valor del cambio neto con los de ganancias y pérdidas, las categorías INF y AUC experimentaron aumentos en su superficie final (Figura N° 4) influenciados directamente por los valores de ganancia y pérdida de cada clase analizada; la INF ganó casi el doble de lo que perdió y el AUC ganó aproximadamente el triple de lo perdido (Figura N° 5). Por su parte, los CCA y el AVCVU disminuyeron su superficie final (Figura N° 4), dado que la pérdida de la clase CCA fue de más del doble que su ganancia, y la pérdida experimentada por la clase AVCVU que fue superior a tres veces su ganancia. (Figura N° 5). Por último, el AP se mantuvo prácticamente estable al no encontrarse diferencias significativas entre los valores de ganancias y pérdidas.

Figura N° 4. Cambio neto por categoría (valores expresados en Has).



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 5. Ganancias y pérdidas por categoría (valores expresados en Has).



Fuente: Elaboración Propia

La inspección visual de los mapas clasificados (Figuras N° 3.a y N° 3.b *up supra*) permiten afirmar que el aumento de superficie de la categoría INF se experimenta particularmente en el sector sur, acompañado del crecimiento de superficie urbana ya mencionado, y en menor medida en el

Cuadro N° 1. Cambios en los usos del suelo entre 1990 y 2016 en Goya (Valores en hectáreas y porcentajes)

Clase	Superficie total 1990	%	Superficie total 2016	%	Persistencia	%	Ganancias	%	Perdidas	%	Cambio Neto	%	Cambio Total	%	Intercambio	%
INF	401,58	14,37	663,75	23,75	139,14	4,98	524,61	18,77	262,44	9,39	262,17	9,38	787,05	28,16	524,88	18,78
OCA	304,02	10,88	238,86	8,55	102,87	3,68	135,99	4,87	201,15	7,20	65,16	2,33	337,14	12,06	271,98	9,73
AUC	609,66	21,81	849,6	30,40	483,75	17,31	365,85	13,09	125,91	4,51	239,94	8,59	491,76	17,60	251,82	9,01
AVCVU	815,94	29,19	372,87	13,34	251,64	9,00	121,23	4,34	564,30	20,19	443,07	15,85	685,53	24,53	242,46	8,68
AP	663,66	23,75	669,78	23,96	248,16	8,88	421,62	15,09	415,5	14,87	6,12	0,22	837,12	29,95	831	29,73
TOTAL	2794,86	100	2794,86	100	1225,56	43,85	1569,3	56,15	1569,3	56,15	1016,46	36,37	3138,6	112,30	2122,14	75,93

Fuente: Elaboración Propia.

norte y este de la ciudad. Por su parte, el descenso de superficie entre los años analizados de la clase AVCVU (el mayor valor de diferencias entre las categorías) se puede apreciar en todos los espacios que circundan el AUC, sin respetar un patrón especial. Respecto de la disminución de la superficie de la clase CCA (que recordemos que incluye a las áreas anegables e inundables) es posible apreciarla en mayor medida al sur y al este de la ciudad. Por último, para el caso de la clase AP, los mapas de usos del suelo permiten apreciar esta categoría, a pesar de conservar (aproximadamente) su valor de superficie final, no conserva su localización, lo que se traduce en movimiento e intercambios con las categorías restantes, que no se ven reflejados con la interpretación aislada de los valores finales de superficie.

Otro punto de análisis es el referido al de los valores finales. Éstos permiten afirmar que de las 2794,86 Has de superficie de la ciudad de Goya, 1569,3 Has han experimentado alguna modificación en el término de 26 años, lo que representa más del 56% del total.

En relación a los valores expuestos como Cambio Total para cada clase, las diferencias con el cambio neto de cada una reflejan la actividad que ha existido en el transcurso de estos años entre las categorías. De este modo, todas las clases muestran un cambio total superior al neto, es decir han procesado movimientos inter-clases (Cambio Total - Cambio Neto = Intercambios) que no se reflejan en el valor de cambio neto. Un ejemplo claro es el cambio total experimentado por el AP que alcanza 837,12 Has frente a su valor de cambio neto que es de 6,12 Has; esta categoría entonces ha experimentado movimientos con las otras clases de 831 Has, lo cual muestra la importancia de realizar un análisis que incorpore las tres definiciones ya que cada una aporta un dato interesante y explicativo del comportamiento en y entre los diferentes usos del suelo.

Un razonamiento análogo a lo expresado en el párrafo anterior, muestra que tomando en cuenta la superficie total del área de estudio, el cambio total experimentado (3138,6 Has) triplica al valor de cambio neto calculado (1016,46 Has) y resume todas las transiciones experimentadas entre las diferentes clases (dos veces el total de las ganancias o las pérdidas).

En síntesis, los resultados obtenidos hasta aquí en relación a los cambios detectados se consideran importantes ya que permiten por un lado, identificar qué clases experimentaron el aumento o la disminución de su superficie final y qué proporciones del total representan en cada momento de estudio; y cuáles son las categoría analizadas que se muestran más dinámicas respecto al intercambio con otras clases. Por otro lado, con el apoyo del análisis visual de la cartografía generada es posible determinar en qué sectores se presentaron los cambios mencionados y a qué clases involucraron.

A continuación se profundizará sobre el cálculo de los índices de ganancia, pérdidas y cambio neto en relación a la persistencia en el tiempo analizado de cada clase, lo que se considera relevante para identificar cuáles de las categorías de usos del suelo presentan mayor vulnerabilidad a experimentar cambios.

Vulnerabilidad de cambio de los usos del suelo

Como se expuso anteriormente, el 56,15% de la superficie analizada experimentó algún tipo de cambio (ganancia o pérdida). La matriz de tabulación cruzada (Cuadro N° 2) muestra en la diagonal principal la persistencia experimentada por cada clase, y fuera de la diagonal principal se muestran las transiciones entre las diferentes categorías.

Cuadro N° 2. Matriz de Tabulación Cruzada (valores expresados en hectáreas).

		2016					
		INF	CCA	AUC	AVCVU	AP	TOTAL
1990	INF	139,14	32,31	120,87	25,47	83,79	401,58
	CCA	57,96	102,87	43,47	38,52	61,20	304,02
	AUC	99	9,45	483,75	4,41	13,05	609,66
	AVCVU	148,05	69,03	83,61	251,64	263,61	815,94
	AP	219,60	25,20	117,90	52,83	248,16	663,66
	TOTAL	663,75	238,86	849,60	372,87	669,78	2794,86

Fuente: Elaboración propia.

La relación entre la persistencia total y la superficie final del área de estudio arroja un porcentaje de persistencia del 43,85%.

Respecto de las persistencias relativas experimentadas por cada categoría en relación con la superficie que abarcaba en el año 1990 se muestra que la clase AUC presenta el mayor valor (79,35%), seguida por estabildades menores que presentan las clases restantes AP (37,39 %), INF (34,65%), CCA (33,84%) y AVCVU (30,84%).

Por su parte, los porcentajes de persistencias de cada clase respecto de la superficie total del área de estudio, reflejan la estabilidad en mayor medida de la clase AUC (17,31%), seguida por las permanencias de las clases AVCVU y AP (9% y 8,88% respectivamente) y posteriormente por

las estabildades de las clases INF y CCA (4,98% y 3,68% respectivamente).

En el Cuadro N° 3 se exponen los índices de ganancia a persistencia, índices de pérdida a persistencia e índices de cambio neto a persistencia definidos por Braimoh (2006) y mediante ellos se procura explicar las características de las categorías en relación a sus persistencias.

Cuadro N° 3. Índice de Ganancia a persistencia, Índice de Pérdida a persistencia e Índice de Cambio Neto a persistencia.

Clase	Índice de Ganancia a persistencia	Índice de Pérdida a persistencia	Índice de Cambio Neto a persistencia
INF	3,77	1,89	1,88
CCA	1,32	1,96	-0,64
AUC	0,76	0,26	0,50
AVCVU	0,48	2,24	-1,76
AP	1,70	1,67	0,03

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, las clases INF, CCA y AP presentan índices de ganancia a persistencia mayores a la unidad, lo que muestra su tendencia a ganar más que a permanecer estables. En el caso de las clase AUC y AVCVU, sus índices de ganancia expresan que las ganancias de sus superficies fueron menores que su persistencia (76% y 48% respectivamente).

Un análisis análogo sobre los índices de pérdida a persistencia muestra una clara tendencia a perder superficie en vez de persistir en las clases INF, CCA, AVCVU y AP. Para el caso de la clase AUC, el 0,26 indica que la superficie de AUC perdida fue mucho menor que su persistencia (alrededor del 26%), lo cual es razonable ya que en general la superficie sobre la cual avanza la urbanización permanece urbanizada en los siguientes años.

Respecto del índice de Cambio Neto a persistencia, los valores negativos indican una mayor tendencia a la pérdida que a la ganancia en relación a los valores de persistencia en cada clase. En este punto se encuentran el AVCVU (cuya tendencia a la pérdida supera casi cuatro veces su tendencia a la ganancia) y los CCA (cuya tendencia a la pérdida supera en más de la mitad su tendencia a la ganancia).

Para el caso de las clases INF, AUC y AP sus ganancias netas (valores positivos) son del 188%, 50% y 3% respectivamente respecto de sus persistencias.

Consideraciones finales

La metodología adoptada para el análisis de los cambios en los usos del suelo definidos en la ciudad de Goya se muestra robusta y permitió detectar con facilidad ganancias, pérdidas, cambios netos, cambios totales e intercambios experimentados por las clases o categorías de uso en el lapso de 26 años. Es importante señalar que la facilidad mencionada se debió a que dicha metodología se encuentra incorporada en el módulo *Land Change Modeler* del software Idrisi versión Selva que se empleó para llevar a cabo el presente aporte.

En primer lugar, es interesante destacar el aumento de la superficie de INF y AUC lo que manifiesta el avance y crecimiento de la ciudad y el efecto antrópico sobre las restantes clases. En tal sentido, las categorías CCA y AVCVU disminuyeron su superficie y la clase AP la mantuvo. Cabe aclarar que los datos recabados por la matriz de tabulación cruzada muestran resultados numéricos, lo que significa que las clases podrían cambiar de localización (intercambiando con otras clases) y sin embargo conservar los valores numéricos que tienen asociados.

En segundo lugar, consideramos importante que el análisis de los cambios netos, total e intercambios se realice de manera integrada pues tomar cada uno de ellos de manera individual ofrece una visión sesgada de la dinámica existente en el territorio.

Respecto de la variabilidad experimentada por las clases definidas, las transiciones entre categorías reflejan la alta dinámica que experimentan los diferentes usos de suelo. Por su parte, los valores de persistencia de cada clase y de la superficie total analizada se muestran considerables. Por un lado, la ciudad de Goya mantuvo estable sus usos del suelo en más del 40% de la superficie en 26 años, y por otro, los diferentes usos del suelo presentan una estabilidad relativa superior al 30%, destacándose claramente la estabilidad de la clase AUC con más de 79% lo cual se considera razonable dado que en general la transformación de los usos del suelo hacia un uso urbano no tienen retorno o mutaciones hacia otro uso conforme avancen los años. Este último resultado se apoya además en el índice de cambio a pérdida experimentado por esta clase.

En relación a la vulnerabilidad que cada clase presenta para precipitar al cambio, los índices calculados apoyan los resultados y consideraciones explicadas en los párrafos anteriores. Por un lado, las clases INF, CCA y AP presentan tendencia a ganar más que a persistir. Por otro, la INF, los CCA, el AVCVU y el AP tienden a perder más que a persistir. Estas afirmaciones se basan en la definición de cada índice que establece una relación entre valores absolutos de superficie. En otras palabras, las categorías mencio-

nadas muestran mayores superficies ganadas o perdidas (según el índice analizado) respecto de la superficie que se mantuvo estable.

La interpretación del índice de cambio neto a persistencia permite entender además qué categoría de uso del suelo desarrolla una tendencia más a ganar que a perder (o viceversa), siempre respecto de los valores de persistencia experimentados. En este sentido, es interesante mencionar que el AVCVU y los CCA presentan mayor probabilidad a perder superficie, lo cual apoya los resultados encontrados a partir del análisis de la matriz de tabulación cruzada y permiten dar cuenta del avance de otras clases sobre ellas. Estas conclusiones se presentan como antecedentes importantes al momento de planificar el avance de la ciudad y sus consecuentes usos del suelo sobre espacios definidos como áreas verdes o espacios potencialmente inundables, esenciales a la hora de pretender un desarrollo ambientalmente equilibrado.

Referencias bibliográficas

Braimoh, A. (2006). "Random and systematic land-cover transitions in northern Ghana". *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 113, pp. 254-263.

Camacho Sanabria, R; Camacho Sanabria, J; Balderas Plata, M y Sánchez López, M (2017). Cambios de Cobertura y Uso de Suelo: Estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, Vol. N° 23, N° 3, pp. 39-60.

Gómez, L y Ramírez, L (2019). Expansión urbana y cambios en el uso del suelo en la ciudad de Curuzú Cuatíá, Corrientes, Argentina, entre los años 1990 y 2016. *Estudios Marítimos y Sociales* (en línea). Disponible en: <https://estudiosmaritimosociales.org/archivo/rem-14/dossier-gomez/>.

Gómez, L. (2020). Análisis de los Cambios de Usos del Suelo en Goya y Paso de los Libres, Provincia de Corrientes, Argentina, entre 1990 y 2016. *GeoSIG*, N° 17, año 12, pp. 1-29.

Henríquez Ruiz, C (2014). *Modelando el crecimiento de ciudades medias. Hacia un desarrollo urbano sustentable*. 1ª Edición. Ediciones UC.

Henríquez Ruiz, Cristián (2015). Modelación de Patrones de Crecimiento en Ciudades

Medias Chilenas: ¿Se Fortalece el Desarrollo Urbano Sustentable? En Bellet, Carmen, Melazzo, Everaldo, Sposito, M. Encarnação y Llop, Josep (eds.) (2015) *Urbanización, producción y consumo en ciudades medias / intermedias*. Universidade Estadual Paulista; Lleida: Edicions de la Universitat de Lleida, 2015. p. 514. ISBN 978-84-8409-752-5

INDEC (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. Disponible en: https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135

Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación (2018). *Diagnóstico Sobre Ciudades Y Desarrollo Urbano – Argentina 2030*. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/doc_diagnostico_ciudades_2030_1.pdf

Manzano, F y Velazquez, G (2015). La Evolución de las ciudades intermedias en la Argentina. *GeoUERJ*, N°27, 258-282.

Mari, Oscar Ernesto (2000). *Organización y Desarrollo Urbano de las Ciudades de Goya. Mercedes, Monte Caseros, Esquina y Curuzú Cuatíá*. CEDODAL, Buenos Aires.

Pineda Jaimes, N., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M. (2008). "Cambios de

la ocupación del suelo y análisis de transiciones sistemáticas en el Estado de México (México) mediante Tecnologías de la Información Geográfica”. Comunicaciones del XI Coloquio Ibérico de Geografía, Alcalá de Henares, Madrid. España. Disponible en: http://www.geogra.uah.es/inicio/web_11_cig/cdXICIG/index.html

Pineda Jaimes, N., Santana Castañeda, G. (2019). Cambios en la Cobertura y Uso del Suelo en el Estado de México, en el Período 2002-2014. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*. Lujan, Argentina.

Plan estratégico para el desarrollo urbano ambiental del municipio de Goya (2012). Proyecto BID 1896/OC-AR Estudio 1.EG.188, del Programa Multisectorial de Preinversión del Ministerio de Economía de la Nación.

Pontius, R; Shusas, E y Mceachern, M (2004) Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, N° 101, pp. 251-268.

Ramírez, L (2014). Comentarios Iniciales. Particularidades Fisiográficas del Territorio Correntino. En *Corrientes en Cifras*. 2014. 1^{er} Ed. Con Texto Libros. UNNE. pp. 17-22.

Schaidreiter, V; Lopez Solis, M; Mashini, D; Cotorruelo, M; Ruiz, M. y Descalzo, F. (2016). *Generando Nuevas Centralidades - Reinterpretación de la EX estación del Ferrocarril. Parque Central Goya*. Institute of Urban Design and Landscape Architecture. Department of Urban Design, Vienna University of Technology. Vienna, Austria. Disponible en: https://issuu.com/urban.design.lab/docs/10_01_2017_informe_goya_cc_2014_hig

Terraza, H; Rubio Blanco, D y Vera, F (2016). *De ciudades emergentes a ciudades sostenibles. Comprendiendo y proyectando las metrópolis del siglo XXI*. Ediciones ARQ. Santiago.

UNESCO (1999). *Ciudades intermedias y urbanización mundial*. Edita: Ajuntament de Lleida, UNESCO, UIA, Ministerio de Asuntos

Exteriores. Dirección: Josep M. Llop Torné. Disponible en <http://digital-library.unesco.org/shs/most/gsd/collect/most/index/assoc/HASH01b3.dir/doc.pdf>

Notas

- 1 Agrimensora (FaCENA - UNNE). Especialista en Tecnologías de la Información Geográfica (FaHum-UNNE). Doctoranda en la FTyCA de la UNCa y auxiliar docente y Jefe de Trabajos Prácticos en Cátedras de la Carrera Ing. en Agrimensura (FaCENA – UNNE).
- 2 La definición de ciudad intermedia no se acota a la noción de cantidad, ya que tan o más importante que la cantidad, es el papel y la función que la ciudad juega en su territorio más o menos inmediato, la influencia y relación que ejerce y mantiene en éste, así como los flujos y relaciones que genera hacia el exterior. Éstas pueden ser centros regionales de equilibrio y de regulación, tanto desde el punto de vista demográfico como desde el económico, lo que puede tener un impacto sobre la reducción de la pobreza, la violencia y los perjuicios ecológicos en las grandes ciudades (UNESCO, 1999).
- 3 “Una región particularmente baja es el ángulo sudoeste de la Provincia desde la latitud de Goya hasta el Guayquiraró” (Ramírez, 2014, p.17). La ciudad de Goya se asentó sobre el Valle Fluvial del Río Paraná (Popolizio 1977), desde Corrientes a Esquina que “constituye un amplio valle limitado por laderas aproximadamente paralelas y perfectamente definidas (...). Su ancho medio, de ladera a ladera, es del orden de 15 kilómetros” (Ramírez, 2014).
- 4 “Expectativas planteadas en el “Modelo deseado de territorio” de la provincia de Corrientes y el ‘Mapa Deseado: Modelos Síntesis’ del “Plan Estratégico Territorial” nacional elaborado por el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la Nación en forma con-

junta con las provincias argentinas (PEDUAM Goya, 2012, p.47).

- 5 “Se debe destacar el proceso incipiente de metropolización que está liderando la ciudad de Goya al integrarse funcionalmente con los municipios de Lavalle, Santa Lucía, Colonia Carolina y otros parajes (...). Este modesto proceso de integración territorial se verá potenciado con la construcción del Puente Interprovincial Goya-Reconquista, lo que puede llegar a conformar una micro región de 300.000 a 400.000 habitantes en un futuro mediato” (PEDUAM Goya, 2012, p.51-52).
- 6 El departamento de Goya concentraba en el año 2010 el 9% de la población de la provincia, precedida por el departamento Capital que contiene al 36% de la población total de la provincia (INDEC, 2010).
- 7 Tanto las imágenes satelitales como las fotografías aéreas “ofrecen importantes fuentes de información geográfica y pueden ser integradas a los Sistemas de Información Geográfica para su procesamiento e interpretación. En general, con estas imágenes se pueden identificar los usos/coberturas del suelo que componen el paisaje para distintas fechas, reconstituyendo su evolución.” (Henríquez Ruíz, 2015, p.322).
- 8 Esta labor se apoyó en la comparación reiterada de las firmas espectrales que, en cada ocasión, arrojaron las muestras (Gómez y Ramírez, 2019).
- 9 Al solo efecto de mejorar la visualización de la cartografía temática de los mapas de uso de suelos resultantes se aplicaron filtros de suavizado o de paso bajo de orden 3x3.
- 10 Ley Orgánica de las Municipalidades / Ley N° 4752.
- 11 Ley Orgánica de las Municipalidades / Ley N° 4752.