

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DOCTORADO EN AGRIMENSURA



TESIS DOCTORAL

**DETECCIÓN DE CAMBIOS DE USOS
DEL SUELO Y SIMULACIÓN DE
ESCENARIOS FUTUROS EN
CIUDADES INTERMEDIAS DE
CORRIENTES.**

Doctorando: Agrim. Prof. Laura Fabiana Gomez M.U. N° 054

Directora: Dra. Prof. Mirta Liliana Ramírez.

Año 2021

A Rodrigo, Pedro y Joaquina

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis doctoral es el resultado de un camino largo, atravesado por momentos llenos de euforia, seguridad, reflexión, y por otros momentos difíciles, llenos de dudas, obstáculos, replanteos, retrocesos, pero siempre en compañía de personas que brindaron su tiempo, paciencia, calidez, capacidad para colaborar conmigo, y de instituciones que colaboraron con espacios y recursos.

En este sentido, agradezco la compañía de mis colegas Agrimensoras Valeria Titiosky y Elvira Ferrari por haberme brindado la posibilidad de ingresar al ámbito académico e iniciar mi carrera como docente en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (FaCENA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), a la Dra. Marina Scornick por su apoyo como codirectora de beca doctoral y a la Agrimensora Cynthia Matusevich por sus aportes en la última parte de este trabajo.

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE, que me ha otorgado distintas licencias y apoyo económico para transitar esta etapa de formación doctoral, y a la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCa por abrirme las puertas para desarrollar el trabajo.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas (CONICET) por el otorgamiento de una beca doctoral gracias a la cual he tenido la oportunidad de poder seguir formándome en esta carrera académica y profesional.

A quienes me han integrado a su grupo y dinámica de trabajo en la Facultad de Humanidades (FHum) de la UNNE en este trayecto de investigación y de quienes aprendo todos los días: Soledad Zalazar, Julio Meza, Osvaldo Cardozo, Cristian Da Silva y Norma Monzón. En la misma línea agradezco al Dr. Ignacio (Nacho) Contreras, de la FaCENA por la amistad y el incentivo constante en este trayecto.

Especialmente debo agradecer a mi Directora de Beca y Tesis, la Dra. Liliana Ramírez, con quien tuve el privilegio de trabajar. La agradezco enormemente su confianza desde el inicio de este trayecto, su paciencia, el acompañamiento y apoyo permanente, sus experiencias compartidas, el ánimo brindado, su enorme generosidad, su gran capacidad para incentivar y

generar fuerzas, y sus enseñanzas que han enriquecido enormemente mi desarrollo intelectual y que la hacen una profesional intachable. Pero por sobre todo debo agradecer su calidad de persona, siempre dispuesta a ayudar, trabajando de forma incansable, apostando y acompañando a los que transitamos este camino.

A mis Padres y Hermanos que incentivaron siempre el trabajo y el crecimiento personal e individual, en especial a mi hermana Andrea Gómez, quien continuamente me demostró su apoyo y aliento y permanentemente me prestó su ayuda para concluir este trabajo y quien siempre fue para mí, un ejemplo de perseverancia.

Finalmente, pero en el lugar más importante, agradezco a mi esposo Rodrigo Baumgratz quien supo desde su lugar acompañarme incondicionalmente, acomodándose a mis ritmos, horarios, cursos, viajes y alentándome a no abandonar este camino que tuvo sus momentos críticos, de mucha soledad e incertidumbre. Rodrigo siempre me acompañó y apoyó, confió en mis capacidades y nunca dudó de que lo lograría. Sin lugar a dudas, Rodrigo y por supuesto, nuestros hijos Pedro y Joaquina, han hecho este camino, y mi vida, sumamente feliz. Los amo infinitamente.

RESUMEN

Los cambios en los usos del suelo en las ciudades son consecuencia inevitable de la intervención humana. El objetivo general de esta investigación es determinar la evolución de los cambios de usos del suelo, debido al proceso de expansión urbana, entre los años 1990 y 2016 en las ciudades de Paso de los Libres, Goya y Curuzú Cuatiá (Provincia de Corrientes), y simular escenarios tendenciales de tales cambios para el año 2030, con el propósito final de que los resultados alcanzados sirvan de apoyo a la compleja tarea de planificación y ordenamiento territorial.

La persistencia de este fenómeno de cambios de uso a lo largo del tiempo ha provocado la extensión y propagación de las ciudades estudiadas, aún a pesar de la presencia de factores, tanto naturales como artificiales, condicionantes de tal expansión. Se generan entonces desarrollos urbanos descontrolados, ciudades fragmentadas, urbanizaciones irregulares que podrían provocar externalidades negativas tanto para la calidad del ambiente como para la calidad de vida de sus habitantes. En esta dirección, se propone el estudio de la evolución de los cambios de los usos del suelo en un tiempo pasado para identificar las posibles consecuencias que los mismos pueden presentar en el futuro y que los resultados logrados se conviertan en instrumentos para la gestión e intervención territorial. Los escenarios futuros que se han generado permiten simular los posibles efectos de los cambios de uso y de la expansión urbana que podrían presentarse si se perpetuaran las condiciones de los factores intervinientes en el pasado. Se interpreta esta posibilidad como una fuerte herramienta de apoyo para diseñar un territorio deseado y ordenado hacia el futuro.

En este trabajo, se destaca la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como recurso tecnológico fundamental en el desarrollo de la investigación. Las utilerías y aplicaciones de estos sistemas han permitido llevar a cabo la integración de datos provenientes de las diferentes fuentes utilizadas; la elaboración de cartografía temática imprescindible para analizar los cambios de uso y su evolución, y para analizar la dinámica ocurrida entre ellos; el estudio y selección de las diversas variables que pudieran condicionar tales cambios; el estudio de diferentes modelos de simulación prospectiva y la aplicación final de las Redes Neuronales Artificiales; la generación de escenarios futuros de usos del

suelo dependientes del comportamiento lineal de las variables elegidas en cada modelo y su validación usando índices que determinan el grado de concordancia tanto en cantidad como en localización de los resultados obtenidos mediante el modelo y lo ocurrido en la realidad.

Los análisis de cambios de usos del suelo se realizaron mediante el empleo de matrices de tabulación cruzada, análisis de ganancias, pérdidas e intercambios y mapas de localización de dichos cambios. Éstos se realizaron utilizando el módulo *Land Change Modeler* (LCM) del software IDRISI, versión Selva, y con el apoyo del software ArcGIS, versión 10.1. Dichos análisis fueron realizados con dos mapas de usos del suelo construidos para tal fin mediante un proceso de clasificación supervisada que dio como resultado una cartografía con 5 clases o categorías de usos del suelo. La realización de los mapas se llevó a cabo haciendo uso del software ArcGIS, versión 10.1 y como base imágenes satelitales LANDSAT de 30 m de resolución espacial, con apoyo de imágenes de mayor resolución de *Google Earth*.

Tanto para la selección de variables conductoras de los cambios en el pasado, la calibración del modelo usado y la generación de los escenarios de trayectoria lineal futuros, se utilizó el módulo *Land Change Modeler* (LCM) del software IDRISI, versión Selva. La validación del modelo calibrado (paso previo a la generación del escenario final) se realizó a través de diferentes métricas. En esta dirección, se determinó la fiabilidad global y se calcularon índices *Kappa* (el cual fue desagregado para medir la concordancia en localización y en cantidad). Estas medidas fueron complementadas con el cálculo de índices *FuzzyKappa* que se diferencian de los anteriores por trabajar bajo la lógica de los conjuntos difusos. Fue posible además la generación de mapas que permitieron espacializar los acuerdos y desacuerdos obtenidos con el modelo. El proceso de validación se realizó con el software *Map Comparison Kit* (MCK) versión 3.3.

En términos generales, los resultados del estudio muestran la importante dinámica entre los usos del suelo definidos que se dio en el pasado, su cuantificación y distribución espacial. El continuo crecimiento espacial experimentado en el pasado por las tres ciudades y la presencia de barreras naturales y/o artificiales en cada una de ellas provocaron por un lado la generación de vacíos urbanos que dieron como consecuencias espacios dispersos, usos de espacios de alto valor ambiental o condiciones críticas para el hábitat afectados por el avance del suelo

urbano; y por otro la consolidación del área definida como urbana consolidada en un primer momento.

En cuanto a los escenarios simulados para el año 2030 en las tres ciudades, los resultados muestran que el proceso de expansión urbana continuaría impactando sobre los usos del suelo circundantes al área urbana consolidada preexistente, siempre que se considere un comportamiento lineal de las variables seleccionadas para un periodo pasado de estudio. Asimismo, se continuarían registrando la presencia de grandes predios de dominio privado del estado que se configuran como vacíos urbanos y la pérdida de espacios intersticiales dentro del área urbana consolidada que provocarían mayor continuidad de la misma.

Los resultados logrados pueden ser utilizados para apoyar la gestión e intervención territorial con el propósito de minimizar los efectos, consecuencias o externalidades negativas de los cambios de uso de suelo y expansión urbana orientando el proceso de ordenamiento y planificación del territorio, con miras a la preservación de los espacios ambientalmente críticos y a un desarrollo más sustentable.

ABSTRACT

Changes in land use in cities are an inevitable consequence of human intervention. The general objective of this research is to determine the evolution of changes in land use, due to the process of urban expansion, between 1990 and 2016 in the cities of Paso de los Libres, Goya and Curuzú Cuatiá (Province of Corrientes), and simulate trend scenarios of such changes for the year 2030, with the final purpose that the results achieved serve to support the complex task of planning and territorial ordering.

The persistence of this phenomenon of changes in land use over time has caused the expansion and spread of the cities studied, even despite the presence of factors, both natural and artificial, conditioning such expansion. Thus, uncontrolled urban developments, fragmented cities, and irregular urbanizations are generated that could cause negative externalities both for the quality of the environment and for the quality of life of its inhabitants. In this direction, the study of the evolution of changes in land use in a past time is proposed to identify the possible consequences that these may have in the future and that the results achieved become instruments for management and territorial intervention. The future scenarios that have been generated allow simulating the possible effects of changes in use and urban expansion that could arise if the conditions of the intervening factors in the past were perpetuated. This possibility is interpreted as a strong support tool to design a desired and ordered territory for the future.

In this work, the use of Geographical Information Systems (GIS) as a fundamental technological resource in the development of research is highlighted. The utilities and applications of these systems have allowed the integration of data from the different sources used; the development of essential thematic cartography to analyze changes in use and their evolution, and to analyze the dynamics that have occurred between them; the study and selection of the various variables that could condition such changes; the study of different models of prospective simulation and the final application of Artificial Neural Networks; the generation of future scenarios of land uses dependent on the linear behavior of the variables chosen in each model and their validation using indices that determine the degree of

agreement both in quantity and location of the results obtained by the model and what actually happened.

The analyzes of changes in land use were carried out using cross-tabulation matrices, analysis of gains, losses and exchanges and location maps of these changes. These were carried out using the Land Change Modeler (LCM) module of the IDRISI software, Selva version, and with the support of the ArcGIS software, version 10.1. These analyzes were carried out with two land use maps built for this purpose through a supervised classification process that resulted in a mapping with 5 classes or categories of land uses. The maps were built using ArcGIS software, version 10.1 and as a base LANDSAT satellite images of 30 m spatial resolution, with the support of higher resolution images from Google Earth.

For both the selection of variables conductors of past changes, the calibration of the model used and the generation of future linear path scenarios, the Land Change Modeler (LCM) module of the IDRISI software, Selva version, was used. The validation of the calibrated model (previous step to the generation of the final scenario) was carried out through different metrics. In this direction, the global reliability was determined and Kappa indexes (which were disaggregated to measure the agreement in location and quantity) were calculated. These measures were complemented with the calculation of FuzzyKappa indexes that differ from the previous ones because they work under the logic of fuzzy sets. It was also possible to generate maps that allowed spatializing the agreements and disagreements obtained with the model. The validation process was performed with the Map Comparison Kit (MCK) software version 3.3.

In general terms, the study results show the important dynamics between defined land uses that occurred in the past, their quantification and spatial distribution. The continuous spatial growth experienced in the past by the three cities and the presence of natural and/or artificial barriers in each of them caused, on the one hand, the generation of urban voids that resulted in dispersed spaces, uses of spaces of high environmental value or critical conditions for the habitat affected by the advance of urban land; and on the other, the consolidation of the area defined as urban consolidated at first.

Regarding the simulated scenarios for the year 2030 in the three cities, the results show that the process of urban expansion would continue to impact on the land uses surrounding the pre-existing consolidated urban area, provided that a linear behavior of the variables selected for a past period of study. Likewise, the presence of large estates in the private domain of the state that are configured as urban voids and the loss of interstitial spaces within the consolidated urban area that would cause greater continuity of it would continue to be recorded.

The results achieved can be used to support territorial management and intervention in order to minimize the effects, negative consequences or externalities of land use changes and urban expansion guiding the process of territorial management and planning, with a view to the preservation of environmentally critical spaces and more sustainable development.

RESUMO

Mudanças no uso da terra nas cidades são uma consequência inevitável da intervenção humana. O objetivo geral desta pesquisa é determinar a evolução das mudanças no uso da terra, devido ao processo de expansão urbana, entre os anos 1990 e 2016, nas cidades de Paso de los Libres, Goya e Curuzú Cuatiá (província de Corrientes), e simular cenários de tendência dessas mudanças para o ano de 2030, com o propósito final de que os resultados alcançados sirvam para apoiar a complexa tarefa de planejamento e ordenamento territorial.

A persistência desse fenômeno de mudanças no uso ao longo do tempo tem causado a ampliação e a propagação das cidades estudadas, mesmo com a presença de fatores naturais e artificiais, condicionantes dessa expansão. Assim, geram-se empreendimentos urbanos descontrolados, cidades fragmentadas e urbanizações irregulares que podem causar externalidades negativas tanto para a qualidade do meio ambiente quanto para a qualidade de vida de seus habitantes. Nesse sentido, propõe-se o estudo da evolução das mudanças no uso da terra num tempo passado, a fim de identificar as possíveis consequências que estas possam ter no futuro e que os resultados alcançados se tornem instrumentos de gestão e intervenção territorial. Os cenários futuros gerados permitem simular os possíveis efeitos de mudanças no uso e expansão urbana que poderiam surgir se as condições dos fatores intervenientes no passado fossem perpetuadas. Essa possibilidade é interpretada como uma forte ferramenta de suporte para projetar um território desejado e ordenado para o futuro.

Neste trabalho, destaca-se o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como recurso tecnológico fundamental no desenvolvimento de pesquisas. Os utilitários e aplicativos desses sistemas permitiram a integração de dados das diferentes fontes utilizadas; o desenvolvimento da cartografia temática essencial para analisar mudanças no uso e sua evolução e para analisar a dinâmica que ocorreu entre eles; o estudo e seleção das diversas variáveis que poderiam condicionar tais mudanças; o estudo de diferentes modelos de simulação prospectiva e a aplicação final de redes neurais artificiais; a geração de cenários futuros de usos da terra dependentes do comportamento linear das variáveis escolhidas em cada modelo e sua validação usando índices que determinam o grau de concordância tanto na quantidade quanto na localização dos resultados obtidos pelo modelo e o que realmente aconteceu.

As análises das mudanças no uso da terra foram realizadas utilizando matrizes de tabulação cruzada, análise de ganhos, perdas e trocas e mapas de localização dessas mudanças. Estes foram realizados usando o módulo *Land Change Modeler* (LCM) do software IDRISI, versão Selva, e com o suporte do software ArcGIS, versão 10.1. Essas análises foram realizadas com dois mapas de uso da terra construídos para esse fim, através de um processo de classificação supervisionado que resultou em um mapeamento com 5 classes ou categorias de uso da terra. Os mapas foram construídos usando o software ArcGIS, versão 10.1, e imagens de satélite LANDSAT com resolução espacial de 30 m como base, suportadas por imagens de alta resolução do Google Earth.

Para a seleção de variáveis condutores de alterações passadas, a calibração do modelo utilizado e a geração de cenários futuros de trajetórias lineares, foi utilizado o módulo *Land Change Modeler* (LCM) do software IDRISI, versão Selva. A validação do modelo calibrado (etapa anterior à geração do cenário final) foi realizada através de diferentes métricas. Nesse sentido, a confiabilidade global foi determinada e os índices Kappa (que foram desagregados para medir a concordância em localização e quantidade) foram calculados. Essas medidas foram complementadas com o cálculo dos índices FuzzyKappa que diferem dos anteriores, porque funcionam sob a lógica dos conjuntos difusos. Também foi possível gerar mapas que permitiram espacializar os acordos e desacordos obtidos com o modelo. O processo de validação foi realizado com o software *Map Comparison Kit* (MCK) versão 3.3.

Em termos gerais, os resultados do estudo mostram a dinâmica importante entre os usos da terra definidos que ocorreram no passado, sua quantificação e distribuição espacial. O contínuo crescimento espacial experimentado no passado pelas três cidades e a presença de barreiras naturais e/ou artificiais em cada uma delas causaram, por um lado, a geração de vazios urbanos que resultaram em espaços dispersos, usos de espaços de alto valor ambiental e condições críticas para o habitat afetado pelo avanço da terra urbana; e, por outro, a consolidação da área definida como urbana consolidada a princípio.

Em relação aos cenários simulados para o ano 2030 nas três cidades, os resultados mostram que o processo de expansão urbana continuaria impactando os usos da terra ao redor da área urbana consolidada preexistente, desde que um comportamento linear das variáveis selecionadas para um período passado de estudo. Da mesma forma, a presença de grandes

propriedades no domínio privado do estado configurado como vazios urbanos e a perda de espaços intersticiais dentro da área urbana consolidada que causariam maior continuidade continuariam sendo registradas.

Os resultados alcançados podem ser utilizados para apoiar a gestão e a intervenção territorial, com o objetivo de minimizar os efeitos, consequências ou externalidades negativas das mudanças no uso da terra e na expansão urbana, orientando o processo de ordem e planejamento do território, com vistas à preservação dos espaços ambientalmente críticos e o desenvolvimento mais sustentável.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA DE LA TESIS, HIPÓTESIS, OBJETIVOS DEL TRABAJO, RECURSOS, MATERIALES Y ÁREA DE ESTUDIO.....	1
1.1. ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	1
1.2. HIPÓTESIS	3
1.3. OBJETIVOS	3
1.4. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS CIUDADES OBJETO DE ESTUDIO.....	4
1.4.1. CURUZÚ CUATIÁ.....	5
1.4.2. GOYA.....	12
1.4.3. PASO DE LOS LIBRES	18
1.5. FUENTES Y MATERIALES.....	24
1.6. ESQUEMA METODOLÓGICO.....	29
1.7. RECURSOS UTILIZADOS	31
CAPÍTULO 2. LA URBANIZACIÓN MULTIESCALAR, LA PLANIFICACIÓN URBANA Y LOS CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN CIUDADES INTERMEDIAS.	33
2.1. URBANIZACIÓN A DISTINTOS NIVELES.....	34
2.1.1. NIVEL GLOBAL.....	34
2.1.2. EN LATINOAMÉRICA	37
2.1.3. URBANIZACIÓN EN ARGENTINA	41
2.1.3.1. Provincia de Corrientes.....	43
2.2. ACERCA DE LOS MODELOS URBANOS Y SU EVOLUCIÓN.....	49
2.3. ACERCA DE LAS CIUDADES INTERMEDIAS: CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES	60
2.3.1. CIUDADES INTERMEDIAS EN ARGENTINA	65

2.4.	EL FENÓMENO DE LA EXPANSIÓN URBANA Y LA IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACIÓN.....	69
2.4.1.	CIUDAD DIFUSA Y CIUDAD COMPACTA.	73
2.4.2.	SITUACIÓN ACTUAL EN ARGENTINA.....	76
2.5.	ROL DEL AGRIMENSOR EN EL ORDENAMIENTO Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO.....	81
2.6.	CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO COMO CONSECUENCIAS DE LA EXPANSIÓN URBANA.....	84
2.6.1.	CLASIFICACIÓN DE MODELOS DE CAMBIOS DE USOS DEL SUELO BASADA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).	85
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN CURUZÚ CUATIÁ, GOYA Y PASO DE LOS LIBRES.....		93
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	94
3.2.	METODOLOGÍA.....	95
3.2.1.	ACERCA DE LOS MAPAS DE USOS DEL SUELO	95
3.2.1.1.	Evaluación de la clasificación.....	100
3.2.2.	CAMBIOS DE USOS DE SUELO	102
3.3.	RESULTADOS	104
3.3.1.	CURUZÚ CUATIÁ.....	104
3.3.1.1.	Usos del suelo	105
3.3.1.2.	Cambios de Usos de Suelo.....	108
3.3.1.2.1.	Variabilidad de las cubiertas según persistencia, ganancias, pérdidas, cambio neto y cambio total.....	108
3.3.1.2.2.	Dinámica del área urbana consolidada (AUC).....	111
3.3.2.	GOYA.....	114
3.3.2.1.	Usos del suelo	115

3.3.2.2.	Cambios de usos de suelo	118
3.3.2.2.1.	Variabilidad de las cubiertas según persistencia, ganancias, pérdidas, cambio neto y cambio total	118
3.3.2.2.2.	Dinámica del área urbana consolidada (AUC).....	121
3.3.3.	PASO DE LOS LIBRES	125
3.3.3.1.	Usos del suelo	126
3.3.3.2.	Cambios de usos de suelo	129
3.3.3.2.1.	Variabilidad de las cubiertas según persistencia, ganancias, pérdidas, cambio neto y cambio total	129
3.3.3.2.2.	Dinámica del área urbana consolidada (AUC).....	133
3.3.4.	EVALUACIÓN DE LA CONFIABILIDAD.....	137
3.4.	COMENTARIOS FINALES AL CAPÍTULO	139
3.4.1.	DENSIDAD POBLACIONAL Y CONSUMO DE SUELO URBANO	139
3.4.2.	GANANCIAS, PÉRDIDAS, CAMBIOS E INTERCAMBIOS	142
3.4.3.	DINÁMICA DEL AUC	143
CAPÍTULO 4. EXPLICACIÓN Y SIMULACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN CURUZÚ CUATIÁ, GOYA Y PASO DE LOS LIBRES		145
4.1.	INTRODUCCIÓN	146
4.2.	METODOLÓGIA	148
4.2.1.	ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE USOS DE SUELO	149
4.2.2.	SELECCIÓN DE VARIABLES	150
4.2.3.	CÁLCULO DE POTENCIALES DE TRANSICIÓN	153
4.2.4.	SIMULACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS.....	156
4.2.5.	VALIDACIÓN	158
4.3.	RESULTADOS	162

4.3.1.	CURUZÚ CUATIÁ.....	162
4.3.1.1.	Variables Seleccionadas	162
4.3.1.2.	Cálculo de Potenciales de Transición	165
4.3.1.3.	Simulación de Escenario Futuro	166
4.3.1.4.	Validación.....	171
4.3.2.	GOYA.....	176
4.3.2.1.	Variables Seleccionadas	176
4.3.2.2.	Cálculo de Potenciales de Transición	179
4.3.2.3.	Simulación de Escenario Futuro	180
4.3.2.4.	Validación.....	184
4.3.3.	PASO DE LOS LIBRES	189
4.3.3.1.	Selección de Variables.....	189
4.3.3.2.	Cálculo de Potenciales de Transición	192
4.3.3.3.	Simulación de Escenario Futuro	193
4.3.3.4.	Validación.....	198
4.4.	COMENTARIOS FINALES AL CAPITULO	204
	CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	211
	BIBLIOGRAFÍA	215

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1.1. Población en ciudades de más de 2.000 habitantes de la Provincia de Corrientes.	7
Gráfico N° 2.1. Población urbana mundial entre 1900 y 2050 (proyección).	35
Gráfico N° 2.2. Población urbana y rural por regiones. Año 2018 (Valores expresados en porcentajes).....	37
Gráfico N° 2.3. Población urbana en América Latina (en miles a mitad de año).	40
Gráfico N° 2.4. Población urbana y rural de Argentina (1960 – 2016).....	42
Gráfico N° 2.5. Población Urbana y Rural de Argentina y de Corrientes. 1914 – 2010.....	44
Gráfico N° 2.6. Distribución de la Población de la provincia de Corrientes por departamento. Año 2010 (Valores absolutos).	45
Gráfico N° 2.7. Población en los departamento Capital, Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres (Provincia de Corrientes) entre los años 1869 y 2010.....	46
Gráficos 3.1.a. (1990) y 3.1.b. (2016). Superficie según categoría en la ciudad de Curuzú Cuatiá.....	107
Gráfico N° 3.2. Superficie de ganancias y pérdidas por categorías entre 1990 y 2016 (valores expresados en hectáreas).	109
Gráfico N° 3.3. Superficies de contribuciones de cada categoría al cambio neto del Área Urbana Consolidado entre 1990 y 2016 (valores expresados en hectáreas).....	111
Gráficos N° 3.4.a. (1990) y N° 3.4.b. (2016). Superficie según categoría en la ciudad de Goya.	118
Gráfico N° 3.5. Superficies de ganancias y pérdidas por categoría (valores expresados en hectáreas).	120

Gráfico N° 3.6. Superficies de cambio neto por categoría (valores expresados en hectáreas).	121
Gráfico N° 3.7. Superficies de contribuciones de cada categoría al cambio neto del Área Urbana Consolidada entre 1990 y 2016 (valores expresados en hectáreas).....	122
Gráficos N° 3.8.a. (1990) y N° 3.8.b. (2016). Superficie según categoría en la ciudad de Paso de los Libres.	129
Gráfico N° 3.9. Superficies de cambio neto por categoría entre 1990 y 2016 (valor expresados en porcentajes).....	131
Gráfico N° 3.10. Superficies de ganancias y pérdidas por categorías entre 1990 y 2016 (valor expresados en hectáreas)	132
Gráfico N° 3.11. Superficies de contribuciones de cada categoría al cambio neto del Área Urbana Consolidada entre 1990 y 2016 (valores expresados en hectáreas).....	134
Gráfico N° 3.12. Variación intercensal por década en las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y paso de los Libres (Valores absolutos).....	139
Gráfico N° 3.13.a. Población por hectárea en los años 1990 y 2016 en las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres.....	141
Gráfico N° 3.13.b. Consumo de metros cuadrados de suelo urbano por habitante en los años 1990 y 2016 en las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres.	141
Gráfico N° 4.1. Proporción de superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Curuzú Cuatiá.	205
Gráfico N° 4.2. Proporción de superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Goya.	205
Gráfico N° 4.3. Proporción de superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Paso de los Libres.....	206

Gráfico N° 4.4. Comportamiento de las superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Curuzú Cuatiá (valores expresados en porcentajes).....	207
Gráfico N° 4.5. Comportamiento de las superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Goya (valores expresados en porcentajes)	207
Gráfico N° 4.6. Comportamiento de las superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Paso de los Libres (valores expresados en porcentajes).....	208

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1. Fuentes y Materiales utilizados. -----	28
Tabla N° 2.1. Evolución de la Población en los departamentos y ciudades de Corrientes Capital, Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres entre 1869 y 2010 (valores absolutos y porcentuales). -----	48
Tabla N° 3.1. Denominación de las imágenes utilizadas según Path y Row. Fechas de captura de cada imagen. -----	96
Tabla N° 3.2. Composición de bandas elegidas para cada ciudad, según la misión considerada para cada año. -----	97
Tabla N° 3.3. Categorías presentes en la clasificación supervisada (leyenda). -----	98
Tabla N° 3.4. Tamaño de las muestras discriminadas por clase, utilizadas para la confección de los mapas de usos del suelo de las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres en los años 1990 y 2016. -----	99
Tabla N° 3.5. Definición de conceptos clave en el análisis de cambios de uso del suelo.	103
Tabla N° 3.6. Población en la ciudad de Curuzú Cuatiá en los años 1991, 2001, 2010 y proyección al año 2016. Variación intercensal (en valores absolutos y porcentuales). Incremento total de población en 25 años. -----	105
Tabla N° 3.7. Matriz de tabulación cruzada (valores expresados en hectáreas). -----	108
Tabla N° 3.8. Cambios y transiciones entre categorías (valores expresados en hectáreas). -----	110
Tabla N° 3.9. Transiciones entre categorías que involucran al AUC (valores expresados en hectáreas). -----	113

Tabla N° 3.10. Población en la ciudad de Goya en los años 1991, 2001, 2010 y proyección al año 2016. Variación intercensal (en valores absolutos y porcentuales). Incremento total de población en 25 años.-----	115
Tabla N° 3.11. Matriz de tabulación cruzada (valores expresados en hectáreas). -----	119
Tabla N° 3.12. Cambios y transiciones entre categorías (valores expresados en hectáreas). -----	120
Tabla N° 3.13. Transiciones entre categorías que involucran al AUC (valores expresados en hectáreas). -----	124
Tabla N° 3.14. Población en la ciudad de Paso de los Libres en los años 1991, 2001, 2010 y proyección al año 2016. Variación intercensal (en valores absolutos y porcentuales). Incremento total de población en 25 años. -----	126
Tabla N° 3.15. Matriz de tabulación cruzada (valores expresados en hectáreas)-----	130
Tabla N° 3.16. Cambios e intercambios entre categorías (valores expresados en hectáreas). -----	133
Tabla N° 3.17. Transiciones entre categorías que involucran al AUC (valores en hectáreas). -----	136
Tabla N° 3.18: Medidas de confiabilidad para los mapas temáticos de usos del suelo de las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres, en los años 1990 y 2016.-----	137
Tabla N° 4.1. Definición de variables exploradas. -----	151
Tabla N° 4.2. Variables exploradas y analizadas a través de la V de Cramer, Curuzú Cuatiá. -----	163
Tabla N° 4.3. Potenciales de Transición de cada clase a la categoría AUC y su correspondiente porcentaje de acierto. -----	166
Tabla N° 4.4. Matriz de probabilidades de Transición para el año 2030. Curuzú Cuatiá.-	167

Tabla N° 4.5. Superficie de cada clase en 1990, 2010 y 2030. Valores expresados en hectáreas y en porcentajes.-----	171
Tabla N° 4.6. Acuerdos y desacuerdos experimentados por cada clase. Valores en hectáreas y porcentajes. -----	172
Tabla N° 4.7. Valores K_{Loc} , K_{Histo} y $Kappa$ para cada clase.-----	175
Tabla N° 4.8. Variables exploradas y analizadas a través de la V de Cramer, Goya. -----	177
Tabla N° 4.9. Potenciales de Transición de cada clase a la categoría AUC y su correspondiente porcentaje de acierto en Goya. -----	179
Tabla N° 4.10. Matriz de Potenciales de Transición para el año 2030. Goya. -----	181
Tabla N° 4.11. Superficie de cada clase en 1990, 2010 y 2030. Valores expresados en hectáreas y en porcentajes.-----	184
Tabla N° 4.12. Acuerdos y desacuerdos experimentados por cada clase. Valores en hectáreas y porcentajes. -----	185
Tabla N° 4.13. Valores K_{Loc} , K_{Histo} y $Kappa$ para cada clase. -----	188
Tabla N° 4.14. Variables exploradas y analizadas a través de la V de Cramer, Paso de los Libres.-----	190
Tabla N° 4.15. Potenciales de Transición de cada clase a la categoría AUC y su correspondiente porcentaje de acierto en Paso de los Libres. -----	193
Tabla N° 4.16. Matriz de Potenciales de Transición para el año 2030. Paso de los Libres. -----	194
Tabla N° 4.17. Superficie de cada clase en 1990, 2010 y 2030. Valores expresados en hectáreas y en porcentajes.-----	198
Tabla N° 4.18. Acuerdos y desacuerdos experimentados por cada clase. Valores en hectáreas y porcentajes. -----	199

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1.1. División política de la República Argentina (izquierda) y de la Provincia de Corrientes (derecha). Localización de las ciudades de Curuzú Cuatiá. Goya y Paso de los Libres en la Provincia.	5
Carta Imagen N° 1.1. Planta urbana de la Ciudad de Curuzú Cuatiá en la actualidad.	8
Carta Imagen N° 1.2. Planta urbana de la Ciudad de Goya en la actualidad.	16
Carta Imagen N° 1.3. Planta urbana de la Ciudad de Paso de los Libres en la actualidad. ...	20
Carta Imagen N° 3.1.a. (1990) y N° 3.1.b. (2016): Mancha Urbana de Curuzú Cuatiá.....	106
Mapas Temáticos N° 3.1.a. (1990) y N° 3.1.b. (2016). Usos de suelo de Curuzú Cuatiá..	106
Mapa Temático N° 3.2. Espacialidad de las ganancias y pérdidas en la categoría Área Urbana Consolidada (AUC).	112
Mapa Temático N° 3.3. Espacialidad de las transiciones de las distintas categorías al AUC entre 1990 y 2016.	114
Carta Imagen N° 3.2.a. (1990) y N° 3.2.b. (2016). Mancha Urbana de Goya.	116
Mapas Temáticos N° 3.4.a. (1990) y N° 3.4.b. (2016). Usos de suelo de Goya.	117
Mapa Temático N° 3.5. Espacialidad de las ganancias, pérdidas en la categoría Área Urbana Consolidada (AUC).	123
Mapa Temático N° 3.6. Espacialidad de las transiciones de las distintas categorías al AUC entre 1990 y 2016.	125
Carta Imagen N° 3.3.a. (1990) y N° 3.3.b. (2016). Mancha Urbana de Paso de los Libres.	127
Mapas Temáticos N° 3.7.a. (1990) y N° 3.7.b. (2016). Usos de suelo de Paso de los Libres.	128

Mapas Temáticos N° 3.8.a. y N° 3.8.b. Transiciones de la categoría CCA a las categorías AP y AVCVU entre los años 1990 y 2016.	130
Mapa Temático N° 3.9. Espacialidad de las ganancias, pérdidas en la categoría Área Urbana Consolidada (AUC).	135
Mapas Temáticos N° 4.1.a., N° 4.1.b. y N° 4.1.c. Tendencia de los cambios de usos de suelo hacia el AUC entre 1990 y 2010.	150
Mapa Temático N° 4.1. Escenario de Trayectoria Lineal. Usos de suelo para el año 2030. Curuzú Cuatiá.	168
Mapa Temático N° 4.2. Avance de la mancha urbana entre 1990 y 2030.	169
Mapa Temático N° 4.3. Escenario de predicción blanda para el año 2030. Curuzú Cuatiá.	170
Mapa Temático N° 4.4. Espacialidad de los acuerdos experimentados por cada clase en el año 2018. Curuzú Cuatiá.	173
Mapa Temáticos N° 4.5. Espacialidad de los acuerdos y desacuerdos experimentados por la clase AUC.	174
Mapa Temático N° 4.6. Mapa de Similitud difusa. Curuzú Cuatiá.	176
Fuente: Elaboración Propia	176
Mapa Temático N° 4.7. Escenario de Trayectoria Lineal. Usos de suelo para el año 2030. Goya	181
Mapa Temático N° 4.8. Avance de la mancha urbana entre 1990 y 2030. Goya.	182
Mapa Temático N° 4.9. Escenario de predicción blanda para el año 2030. Goya.	183
Mapa Temático N° 4.10. Espacialidad de los acuerdos experimentados por cada clase en el año 2018. Goya.	186

Mapa Temático N° 4.11. Espacialidad de los acuerdos y desacuerdos experimentados por la clase AUC.....	187
Mapa Temático N° 4.12. Mapa de Similitud difusa. Goya.	189
Mapa Temático N° 4.13. Escenario de Trayectoria Lineal. Usos de suelo para el año 2030. Paso de los Libres.	195
Mapa Temático N° 4.14. Avance de la mancha urbana entre 1990 y 2030.	196
Mapa Temático N° 4.15. Escenario de predicción blanda para el año 2030. Paso de los Libres.	197
Mapa Temático N° 4.16. Espacialidad de los acuerdos experimentados por cada clase en el año 2018. Paso de los Libres.	200
Mapa Temático N° 4.17. Espacialidad de los acuerdos y desacuerdos experimentados por la clase AUC.....	202
Mapa Temático N° 4.18. Mapa de Similitud difusa. Paso de los Libres.....	204

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1.1: Zona de Reserva Urbana	10
Figura N°1.2: Zona de Industrial.....	10
Figura N°1.3: Zona de Recuperación Natural	11
Figura N° 1.4. Localización de las tierras de propiedad del estado nacional y municipal en la ciudad de Curuzú Cuatiá.....	12
Figura N° 1.5. Estructura urbana actual de la ciudad de Goya.....	14
Figura N° 1.6. Zonificación de la Ciudad de Goya.	18
Figura N° 1.7. Localización de Tierras de dominio del Estado Nacional en la ciudad de Paso de los Libres.	22
Figura N° 1.8. Esquema metodológico seguido en el desarrollo de la presente tesis (síntesis).	30
Figura N° 2.1. Estimaciones y proyecciones de poblaciones urbanas y rurales de los países desarrollados y de los países en desarrollo, 1950 - 2030.....	38
Figura N° 2.2. Modelos Clásicos de Estructura Urbana de la Ecología Urbana.	53
Figura N° 2.3. Modelos de la Ciudad Latinoamericana entre 1980 y 2000.	56
Figura N° 2.4. Modelos de las Grandes Ciudades Latinoamericanas.	59
Figura N° 3.1. Matriz de tabulación cruzada.....	102
Figura N° 4.1. Esquema metodológico abordado para la simulación de escenarios futuros de trayectoria lineal.	148
Figura N° 4.2. Comportamiento de <i>multi-layer perceptron neural network</i>	155

Figura N° 4.3. Secuencia de etapas abordadas en el desarrollo del presente trabajo para la obtención escenarios de trayectorial lineal..... 162

CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA DE LA TESIS, HIPÓTESIS, OBJETIVOS DEL TRABAJO, RECURSOS, MATERIALES Y ÁREA DE ESTUDIO.

1.1. ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis se ha estructurado en cinco capítulos. El **primer capítulo** presenta los objetivos tanto generales como específicos propuestos para el trabajo; luego se describen las particularidades de las ciudades escogidas para realizar la investigación, a su fundación y localización original que permitan tener una primera aproximación a las mismas. Se exponen además las normativas vigentes en cada una de las ciudades relacionadas a la organización del espacio y que tienen relación con el presente estudio.

En otro orden, se presentan las fuentes y materiales utilizados y un esquema metodológico que resume las etapas del diseño que ha desarrollado en detalle en cada capítulo.

El **segundo capítulo** presenta una reseña en relación al crecimiento de la población urbana y urbanización a nivel global, latinoamericano y nacional, haciendo mención particular en este último caso a la situación de la provincia de Corrientes.

Como una forma de aproximación al estudio de las ciudades se describen y analizan los modelos urbanos clásicos que se identificaron a partir del proceso de urbanización, y se focaliza además en la descripción de los modelos urbanos propios de Latinoamérica.

Por otro lado, se analizan definiciones y características referidas a las ciudades intermedias ya que las mismas requieren de una conceptualización y contextualización para ser entendidas como tales en un determinado sistema urbano, y la situación actual e importancia de las mismas a distintas escalas.

Se presentan también las características propias del proceso de expansión urbana y su relación con la planificación. Se hace mención a la situación a nivel global para luego centrarnos en la situación argentina. Como consecuencia de la relación entre expansión y

planificación urbana se exponen las características, ventajas y desventajas del avance de las ciudades de forma dispersa o compacta.

Por último, se exponen, como consecuencia del proceso de expansión urbana, los cambios de usos del suelo, y se hace referencia a las clasificaciones de los modelos de cambios de usos del suelo a partir del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). En este punto además, se ponen en valor los mismos como insumo para los actores políticos, tomadores de decisiones y planificadores de las ciudades.

El **capítulo tres** presenta el análisis del crecimiento poblacional y la expansión urbana en las tres ciudades intermedias de la provincia de Corrientes elegidas para este estudio. Se expone en primer lugar la explicación en detalle de la metodología utilizada, para la creación de la leyenda y de los mapas de usos del suelo utilizando imágenes satelitales, SIG y teledetección; materia prima básica para el análisis de los cambios ocurridos en el periodo considerado. También en este capítulo se determinan las ganancias y pérdidas experimentadas por cada uso de suelo definido, los intercambios y transiciones ocurridos entre categorías, según la metodología presentada por Pontius; Shusas y Mceachern (2004). Resultado de la metodología abordada en este capítulo, se ofrece el análisis y discusión de los resultados y una comparación de los mismos entre las tres ciudades.

En el **capítulo cuatro** se expone la metodología abordada para la simulación de los escenarios futuros de cada ciudad, particularmente se describe el modelo utilizado basado en el uso de Redes Neuronales Artificiales (RNA) para la generación de mapas de potenciales de transición, su diseño, implementación, calibración y validación.

Se exponen además los resultados obtenidos durante la etapa con sus respectivos análisis, los que incluyen mapas de predicción dura y blanda, y la presentación de métricas que resumen el grado de concordancia por cantidad y localización de los resultados obtenidos, junto con su distribución espacial. En este último paso, se destaca la utilización del Kit de Comparación de Mapas (MCK).

El **capítulo cinco** contiene las conclusiones en relación a los diferentes resultados obtenidos y a la metodología abordada. Se ofrece además una reflexión respecto al rol del agrimensor en la planificación y el ordenamiento del territorio, así como las posibles líneas futuras de

trabajo en relación a la investigación, docencia y extensión. Por último, el capítulo detalla la bibliografía utilizada.

1.2. HIPÓTESIS

Las ciudades intermedias han experimentado a nivel global un crecimiento sostenido en los últimos tiempos. Esta realidad también se experimentó en nuestro país y en particular es una situación de la cual no escapan las tres ciudades intermedias de la provincia de Corrientes analizadas en el presente trabajo.

La consecuencia inevitable de lo descripto fue una dinámica importante entre los usos del suelo en las ciudades lo que provocó el surgimiento de nuevas áreas urbanizadas y mayor cantidad de infraestructura en cercanías del núcleo urbano preexistente, éstas, a su vez, colaboran en la consolidación de la ciudad por un lado y en sectores no adyacentes a las áreas urbanas existentes que generaron urbanizaciones con ciertas características propias de ciudades dispersas. Asimismo, ocurrieron cambios en sectores potencialmente anegables e inundables, aspecto que se debe tener en cuenta para minimizar riesgos o impactos no deseados.

Por lo expuesto en esta tesis se sostiene como hipótesis que si las condiciones actuales se mantuvieran, las ciudades analizadas crecerán espontáneamente incrementando el uso de suelo urbano, avanzando sobre áreas no propicias para este uso y debilitando la posibilidad de lograr una ciudad resiliente y sostenible tal como se lo sugiere en los objetivos del desarrollo sostenible (ODS 11).

1.3. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es determinar la evolución de los cambios de usos del suelo, debido al proceso de expansión urbana, entre los años 1990 y 2016 en las ciudades de Paso de los Libres, Goya y Curuzú Cuatiá (Provincia de Corrientes), y simular escenarios tendenciales de tales cambios para el año 2030, que sirvan de apoyo a la compleja tarea de planificación y ordenamiento territorial.

Entre los objetivos específicos, se pretende:

- Analizar el crecimiento de la población entre los años 1990, 2010 y 2016, la expansión del suelo urbano y la densidad poblacional urbana derivada.
- Estudiar la dinámica experimentada por las cubiertas de suelo definidos entre los años 1990 y 2016 (área urbano consolidada - AUC, área periurbana - AP, infraestructura - INF, cuerpos y cursos de agua - CCA, área verde y cobertura vegetal urbanos - AVCVU). Determinar específicamente la superficie ocupada por cada tipología de suelo definida y su localización en cada momento; calcular las ganancias, pérdidas, cambio neto, cambio total de cada clase y los intercambios y transiciones entre diferentes categorías en dicho periodo.
- Generar mapas de usos de suelo en base a escenarios futuros tendenciales que muestren qué sucedería si lo ocurrido en el pasado continuara de igual modo hasta el año 2030.
- Generar conocimientos genuinos y explicativos de la realidad y, a la vez, aplicables a otras ciudades de modo que permitan apoyar la planificación y ordenamiento territorial.

1.4. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS CIUDADES OBJETO DE ESTUDIO

Antes de comenzar el análisis propuesto para el desarrollo de este trabajo, se presentan brevemente algunas características de cada una de las ciudades sobre las cuales se trabajará, con el fin de colaborar en la comprensión de la localización en el territorio de la provincia y la evolución particular en cada caso.

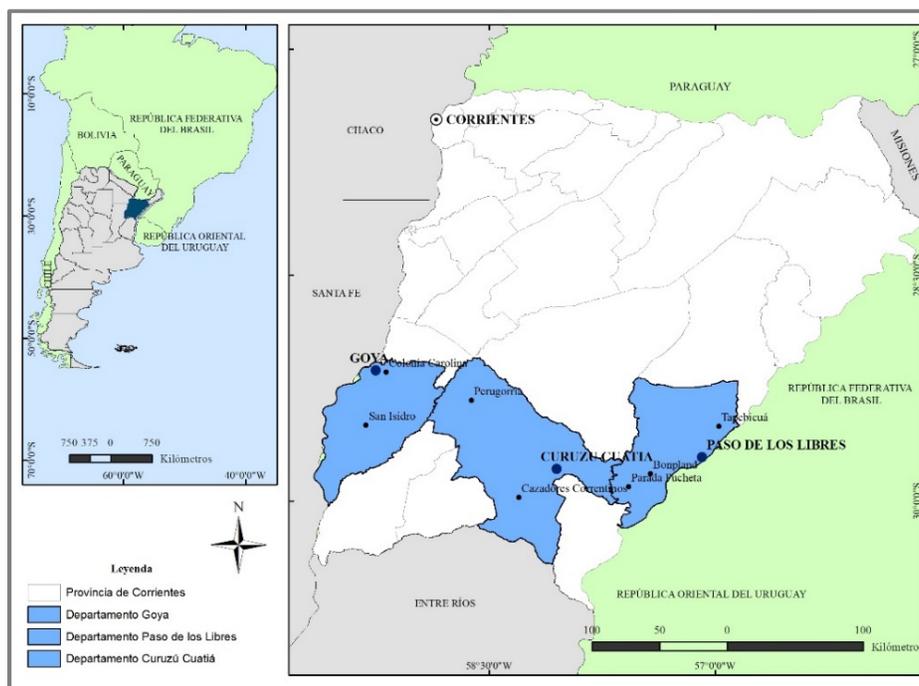
En primer lugar se destaca que las tres ciudades elegidas se encuentran dentro del conjunto de ciudades intermedias del sistema urbano correntino, dada la cantidad de habitantes por un lado y sus funciones y localización por otro lado, que las posicionan como nodos organizadores de dicho sistema, hechos que las configura como centros administrativos y prestadores de servicios para sus *hinterlands*¹. A nuestro juicio, estas ciudades están a tiempo de tomar medidas y generar oportunidades de crecer de una forma sustentable, orientar adecuadamente su crecimiento y no repetir los errores de las grandes ciudades.

¹ “Término de origen alemán que define al área que rodea un territorio y depende de él” (Anzano, 2010:05)

1.4.1. CURUZÚ CUATIÁ

La ciudad de Curuzú Cuatiá se localiza en la región centro-sur² de la provincia de Corrientes (29°47'30"LS y 58°03'16"LW), a 328 kilómetros al sudoeste de la capital correntina. Es la cabecera del departamento y del municipio de nombre homónimo que además incluye las localidades de Cazadores Correntinos y Perugorría (Mapa N° 1.1 - derecha).

Mapa N° 1.1. División política de la República Argentina (izquierda) y de la Provincia de Corrientes (derecha). Localización de las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres en la Provincia.



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

La ciudad fue fundada el 16 de noviembre de 1810 con el nombre “Nuestra Señora del Pilar de Curuzú Cuatiá” por el General Manuel Belgrano en su marcha al Paraguay. En dicha ceremonia se estableció la jurisdicción, delineación y demarcación de calles y solares que

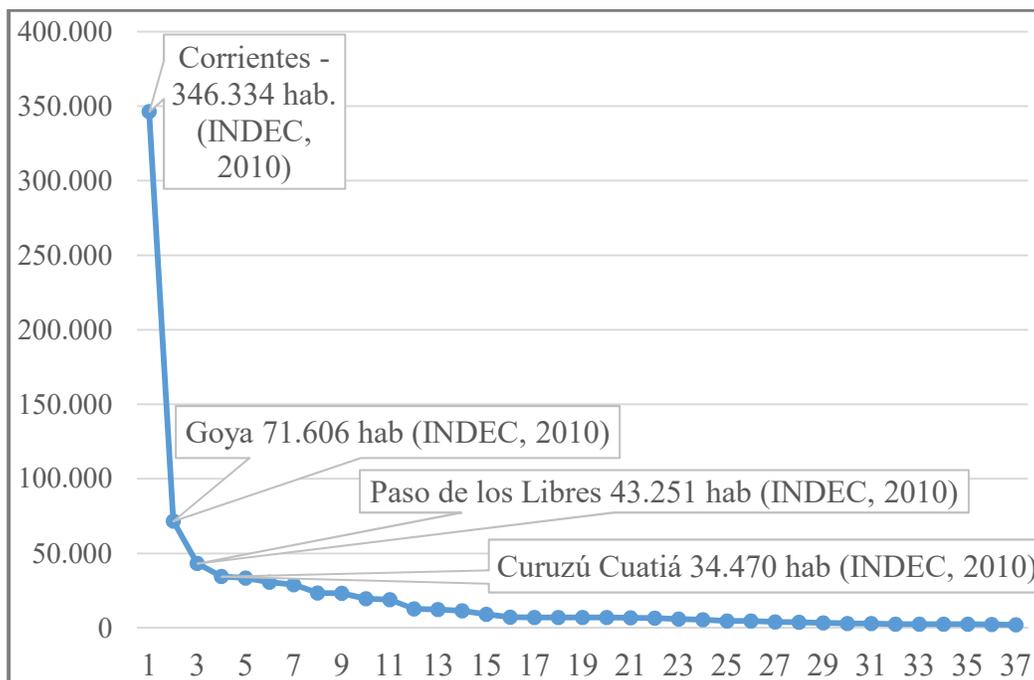
² Región Centro Sur: incluye los departamentos Mercedes, Curuzú Cuatiá, Paso de los Libres, Monte Caseros y Sauce. (Ley Provincial N° 5960/09, art. N°39).

respetan una típica estructura de damero organizada a partir de su plaza central. Luego de 80 años, Curuzú Cuatiá adquiere el rango de ciudad y en 1920 su municipio adquiere autonomía. En el año 2010 el municipio de Curuzú Cuatiá contaba con una población de 39.319 habitantes, ubicándose en cuarto lugar según su población, después de Corrientes, Goya y Paso de los Libres. Asimismo en base a las proyecciones y estimaciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos, al año 2017, el municipio estaría alcanzando una población total de 42.500 habitantes (INDEC, 2017).

La ciudad de Curuzú Cuatiá, cuenta actualmente con más de 37.000 habitantes (INDEC, 2017) y presenta una posición geográfica estratégica ya que, como se dijo, está ubicada en el centro-sur de la provincia, su localización la convierte en un paso obligado en el recorrido desde la capital correntina hacia sureste y también, dadas las condiciones naturales de la provincia³, hacia el este de este territorio; de este modo se convierte en un nodo organizador del sector centro-sur, imprimiéndole características de ciudad intermedia. Es un asentamiento urbano que forma parte de un conjunto de 37 ciudades de más de 2.000 habitantes que constituyen el sistema urbano de Corrientes (Gráfico N° 1.1) en el que destaca la primacía que, por su tamaño poblacional, ejerce la ciudad capitalina ya que alberga alrededor de un tercio de los habitantes de la provincia y tiene cuatro veces más población que la segunda ciudad de la red urbana que es Goya y diez veces más población que Curuzú Cuatiá.

³ Gran parte del interior provincial cuenta con zonas anegadizas de lagunas y bañados. En el centro-norte se emplazan los Esteros del Iberá, extenso humedal internacional que abarca entre 15.000 y 25.000 km², alimentados por las lluvias subtropicales de la región, que constituyen una barrera para las infraestructuras y para el asentamiento de la población. (Ramírez, 2014)

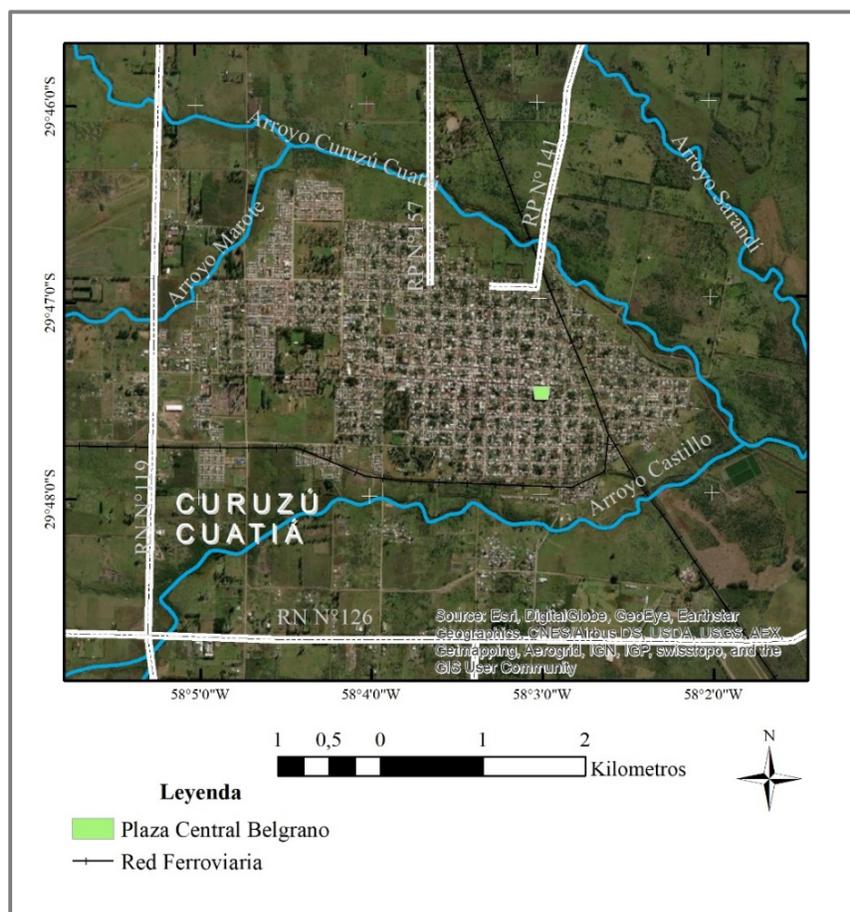
Gráfico N° 1.1. Población en ciudades de más de 2.000 habitantes de la Provincia de Corrientes.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (2010) procesado con Retadam+SP.

La planta urbana de la ciudad se situó entre los arroyos Sarandí al norte y noreste y Castillo al sur, erigiéndose a partir de la plaza central y dejando a los arroyos Marote y Curuzú Cuatiá como límites naturales al norte (Carta Imagen N° 1.1).

Carta Imagen N° 1.1. Planta urbana de la Ciudad de Curuzú Cuatiá en la actualidad.



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

Respecto de la normativa existente y de interés para esta investigación que además se encuentra vigente en la ciudad, en el año 1986 se establecen por ordenanza N° 359, las denominadas “Zona de Inundación”, comprendida entre las Rutas Nacionales N° 119 y 126 y el arroyo Curuzú Cuatiá y donde los terrenos tienen una cota de nivel menos de 68 metros sobre el nivel del mar (Ordenanza Municipal N° 359/86, art. N° 1); y “Zona de Riesgo Hídrico”, comprendida entre las Rutas Nacionales N° 119 y 126 y el arroyo Curuzú Cuatiá y donde los terrenos tienen una cota de nivel menos de 70 metros sobre el nivel del mar y que no forman parte de la “zona de inundación” (Ordenanza Municipal N° 359/86, art. N° 2). La principal diferencia entre ambas es la prohibición de cualquier tipo de construcción en la primera, y la posibilidad de edificar - con ciertas restricciones - en la segunda (*cfr.* Ordenanza Municipal N° 359/86).

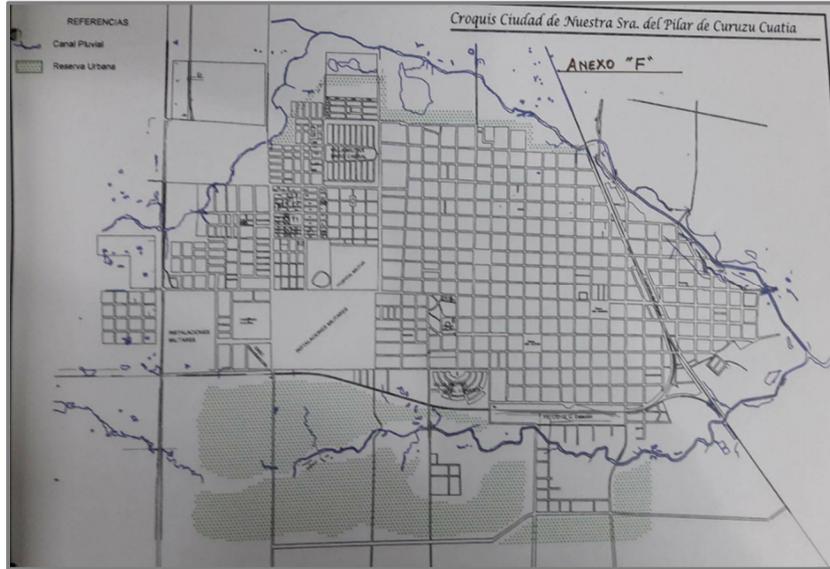
En el año 2006 se sancionó la Ordenanza Municipal N° 2.410 donde se describen las normas de zonificación y ordenamiento de la ciudad, con aplicación por igual tanto en las propiedades privadas como a las personas del derecho público. Los alcances de la normativa establecen la “medidas pasivas y orientadoras que tienden a mejorar las condiciones de habitabilidad físico-ambiental de la población y una adecuada calidad de vida (...)” (Ord N° 2410/06). La normativa alcanza a todos los asuntos relacionados con el ordenamiento urbano ambiental del municipio como ser los actos de subdivisión, uso y ocupación del suelo, así como las actividades o actos que pudieran afectar las condiciones de equilibrio ambiental.

Entre sus objetivos se pueden nombrar (*cf.* Ordenanza Municipal N° 2410/06):

- “determinar las posibles áreas de expansión urbana en el corto y mediano plazo, efectuando una propuesta de diseño y reorganización urbana teniendo en cuenta el sector actualmente consolidado”;
- “brindar al municipio un delineamiento general para lograr la expansión urbana de la ciudad, evitando el crecimiento espontáneo y desordenado, interviniendo en áreas de posibles conflictos”;
- Definir los posibles usos del suelo y determinar las áreas preparadas para un crecimiento demográfico ordenado;
- “evitar que emplazamientos aislados del suelo dificulten la racional utilización y estructuración de áreas que posteriormente serán necesarias para la expansión urbana”.

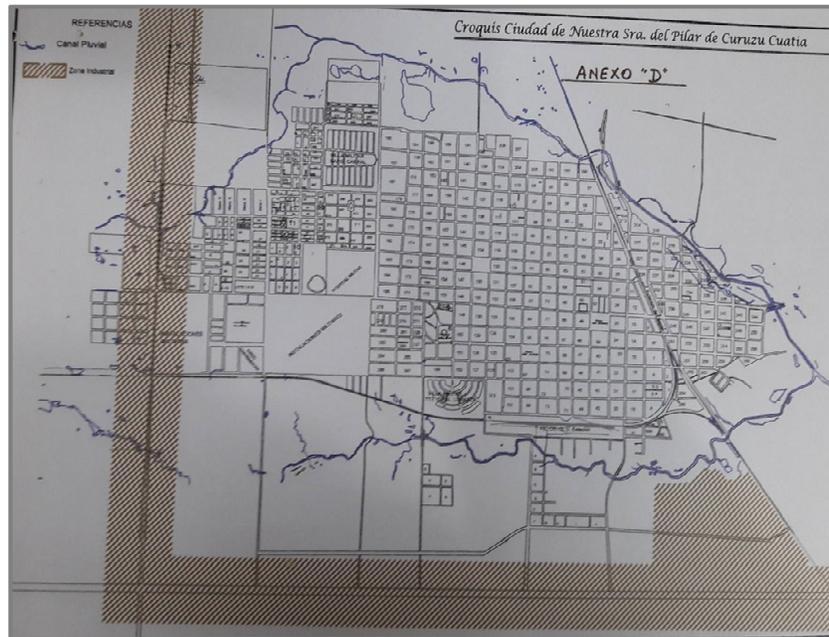
Dentro de la normativa se definen las zonas denominadas “de Reserva Urbana” (sector apto o que se puede adaptar en el mediano plazo respecto al saneamiento y nivelación, y que cuente con servicios básicos de infraestructura o posibilidad de acceder a ellos, y continuidad con el área urbanizada existente) (Figura N°1.1); “Industrial” (Destinada a actividades industriales incompatibles con otros usos urbanos) (Figura N° 1.2) y “de recuperación Natural” (sector en el que se prohíbe todo tipo de edificación) (Figura N° 1.3).

Figura N°1.1: Zona de Reserva Urbana



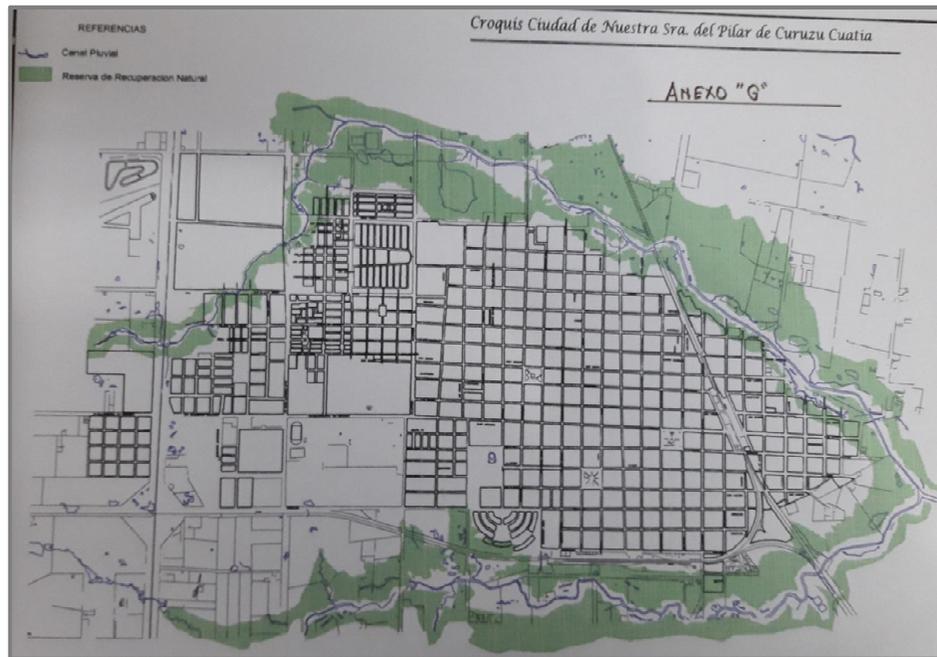
Fuente: Extraído de Ordenanza Municipal N° 2410/06.

Figura N°1.2: Zona de Industrial



Fuente: Extraído de Ordenanza Municipal N° 2410/06.

Figura N°1.3: Zona de Recuperación Natural

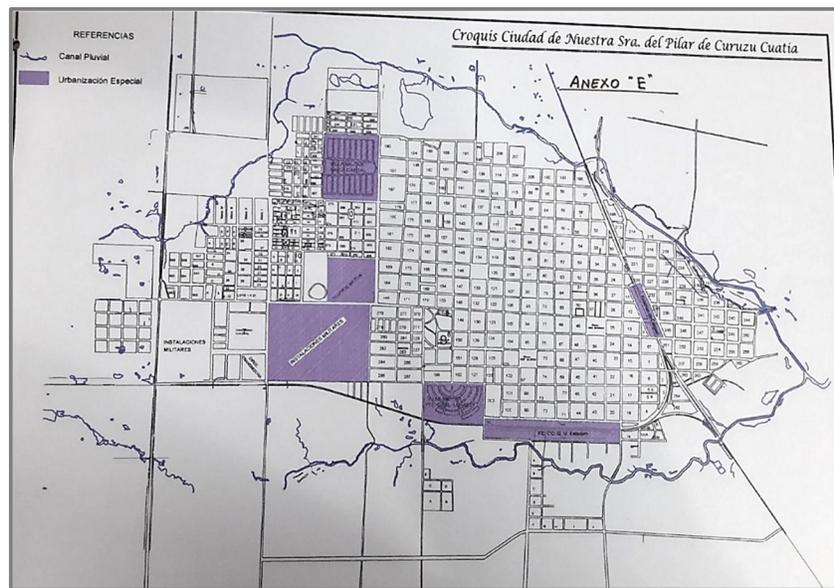


Fuente: Extraído de Ordenanza Municipal N° 2410/06.

Al analizar las condiciones dominiales del territorio curuzucuateño⁴, se evidencia la importancia de las fuerzas del ejército nacional, tal como sucede en otras ciudades correntinas. Es posible apreciar además la existencia de predios de dominio municipal al interior de la trama urbana. La figura N° 1.4 muestra la distribución de las tierras mencionadas.

⁴ Disponible en <http://www.catastro.corrientes.gov.ar/index.php?show=rgurbano&type=17&> . Fecha de Consulta: 11/12/2019.

Figura N° 1.4. Localización de las tierras de propiedad del estado nacional y municipal en la ciudad de Curuzú Cuatía.



Fuente: Extraído de Ordenanza Municipal N° 2410/06.

1.4.2. GOYA

La ciudad de Goya se localiza en la región llamada “Río Santa Lucía”⁵ de la provincia (28°08'00"LS y 59°15" LW), en la margen izquierda del Paraná en un sitio bajo⁶, anegadizo y de 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, 2000b). Es la cabecera del departamento y del municipio de nombre homónimo que además incluye los municipios de Colonia Carolina y San Isidro (Mapa N° 1.1 – derecha *up supra*).

El nombre de la ciudad hace referencia al apodo de Gregoria Morales (Doña Goya), quien junto a su esposo, se asentó en el lugar y estableció un concurrido almacén en el puerto. En dicho lugar se le adjudicó la tierra el 29 de agosto de 1771 por el Real Cabildo de Corrientes. 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

⁵ Región Río Santa Lucía: incluye los departamentos Goya, Esquina, Lavalle, San Roque y Bella Vista. (Ley Provincial N° 5960/09, art. N°39).

⁶ La ciudad de Goya se asentó sobre el Valle Fluvial del Río Paraná (Popolizio 1977, cit. en Ramírez 2014).

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 Asunción⁷. Es así que Goya alcanza el rango de ciudad en el año 1852 (Mari, 2000b).

Debido a que el inicial asentamiento estuvo pensado para cumplir con objetivos puramente comerciales y no con vistas a conformar un futuro pueblo, la instalación de pobladores y la posterior edificación se fue realizando desordenadamente en un lugar inadecuado en lo que respecta a sus condiciones topográficas, ya que era inundable, normalmente pantanoso y muy húmedo. De hecho entonces no se cumplieron los requisitos mínimos exigidos por la legislación española en lo que respecta a la instalación de ciudades, que recomendaban que los asentamientos debían realizarse en lugares más altos al elegido (Mari, 2000b) y en la actualidad se registran anegamientos en casi todo el ejido urbano debido a la recurrencia de eventos de inundación, sumado a las crecidas del río Paraná y sus consecuentes desbordes (Schaidreiter *et al.*, 2016)⁸.

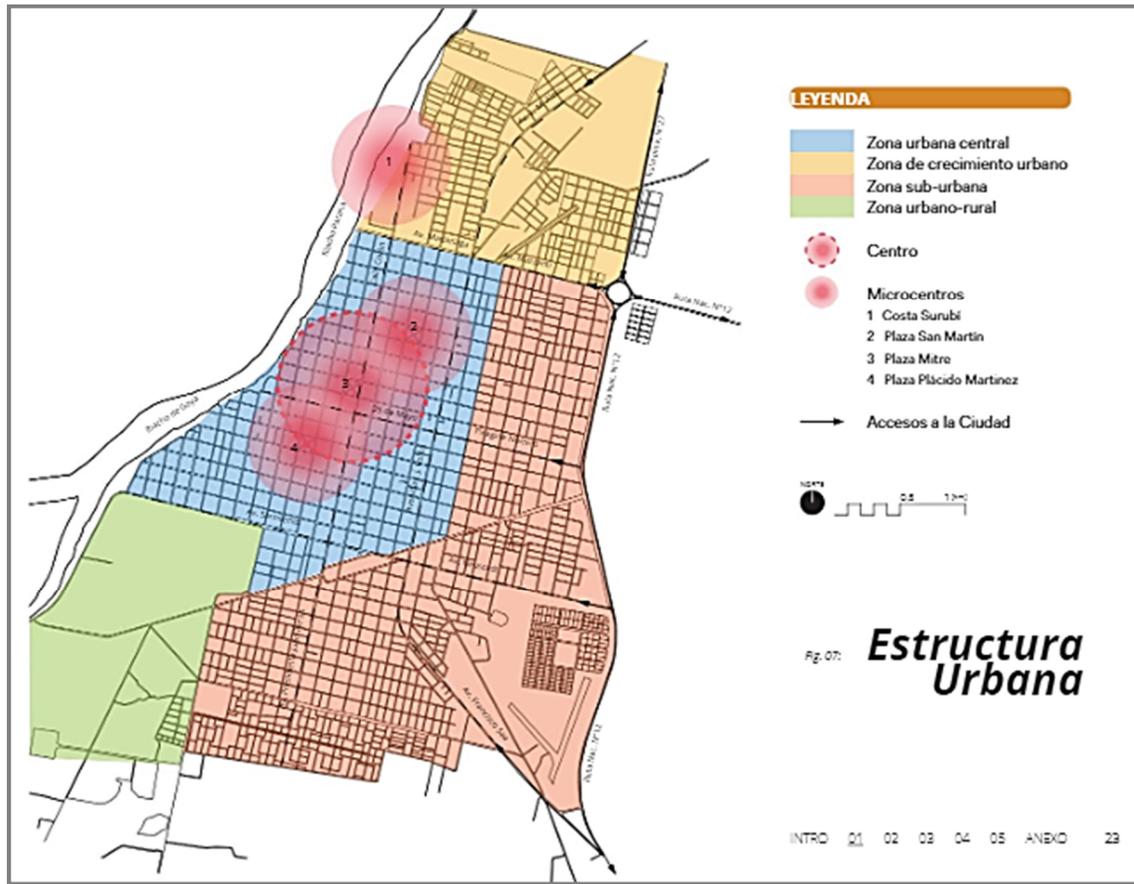
Goya asumió estructura de grilla colonial con manzanas de 100 metros de lado, a partir de la cual creció. Actualmente se distinguen los siguientes cuatro sectores en la ciudad: Zona de crecimiento urbano, la que experimentó un importante desarrollo en las últimas décadas, con amplios espacios abiertos con acceso directo al río, oferta residencial pero con usos mixtos y presencia de equipamientos; Zona urbana central, la que actualmente tiene forma rectangular y se encuentra dentro de las cuatro avenidas principales, incluye el casco céntrico y otros puntos de interés, predomina el usos administrativo, institucional, comercial, habitacional, entre otros); Zona suburbana, la que, a diferencia de la anterior, carece de sectores con usos mixtos o áreas de interés desarrollados, posee escasos espacios públicos y verdes de calidad,

⁷ Disponible en <https://www.goya.gob.ar/?q=la-ciudad>.

⁸ “El proyecto para las defensas de Goya (PRODEGO) incorpora entre sus líneas de acción la disminución de los efectos de las inundaciones, además de considerar otros aspectos ambientales de alto impacto tales como la presencia permanente de obras de protección y terraplenes que fraccionan la ciudad junto con su relación con el más importante recurso natural (el riacho Goya) y las estaciones de bombeo que a la vez conllevan actividades complementarias de mantenimiento y monitoreo permanente. Es necesario considerar que la traza de defensas fluviales propuestas como contenedor de la ciudad ante las posibles inundaciones, representan un límite físico y condicionante al futuro crecimiento urbano (Scornik *et al.*, 2012)” (Schaidreiter *et al.*, 2016: 25).

predomina el uso del suelo habitacional; y Zona urbana-rural (sector postergado en el proceso de urbanización, con viviendas precarias relativamente dispersas) (Figura N° 1.5).

Figura N° 1.5. Estructura urbana actual de la ciudad de Goya



Fuente: Extraído de Schaidreiter *et al.*, 2016.

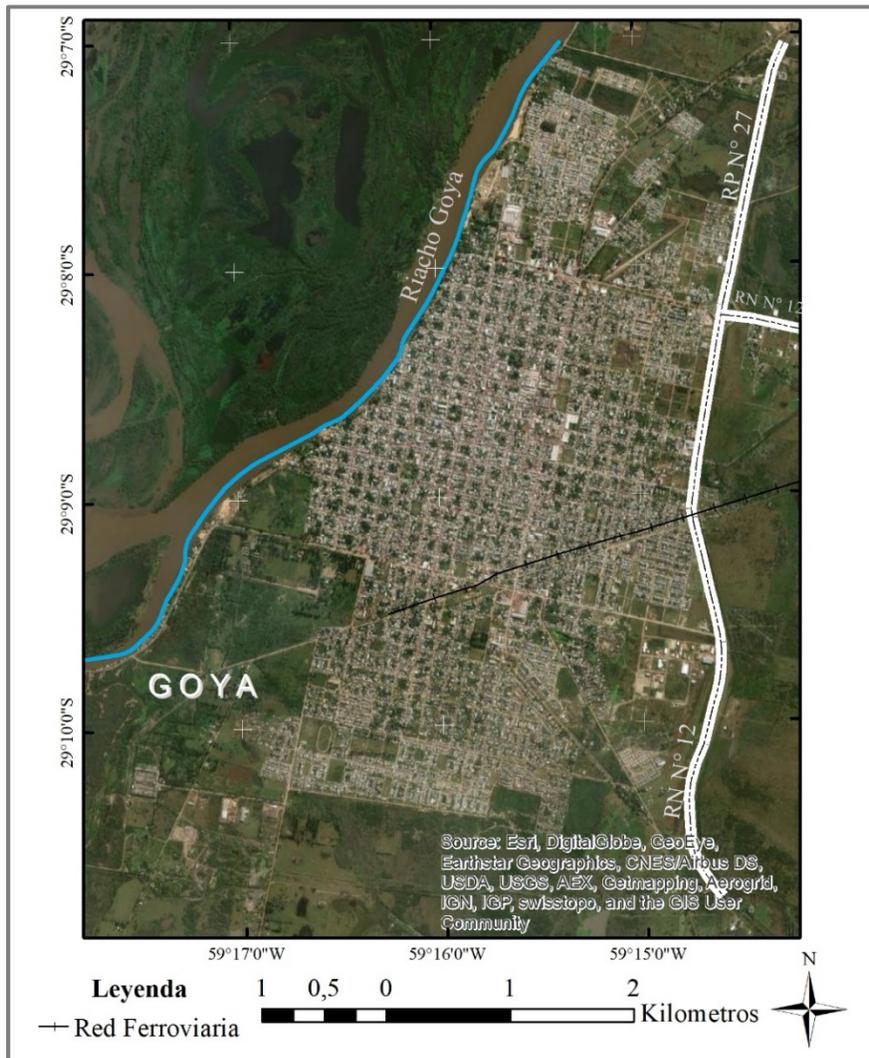
En el año 2010 el municipio de Goya contaba con una población de 88.300 habitantes (INDEC, 2010), ubicándose en segundo lugar según su población, después de la capital correntina. Asimismo en base a las proyecciones y estimaciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos, al año 2017, el municipio estaría alcanzando una población total de 92.200 habitantes (INDEC 2017). Schaidreiter *et al.* (2016) expone que los motivos principales del crecimiento de la población goyana se deben a las oportunidades laborales que ofrece la ciudad a los pobladores rurales y a la posibilidad de acceder a servicios tales como los de salud y educación.

Goya presenta una posición geográfica estratégica, su localización la convierte en un paso obligado en el recorrido desde la capital correntina hacia el suroeste de la provincia mediante las Rutas Nacional N° 12 y Provincial N° 27 (Carta Imagen N° 1.2). A su vez, estas vías posibilitan el acceso directo al núcleo urbano y la vinculación de la ciudad con otros importantes centros urbanos provinciales y regionales (Schaidreiter *et al.*, 2016). Asimismo, es posible acceder a la Goya desde la ciudad de Reconquista por vía fluvial al Puerto de Goya, aunque la escasa utilización de estos medios con infraestructura disponible, como así también el desmantelamiento del sistema ferroviario, no reflejan la importancia regional de la ciudad y su rol en la microregión. No obstante, se prevé un nodo regional importante para la ciudad de Goya⁹ que actualmente lidera el inicio de un proceso de metropolización con los municipios de Lavalle, Santa Lucía, Colonia Carolina y otros parajes, y se verá potenciado especialmente con la ejecución del proyecto del Puente Interprovincial Goya-Reconquista (Provincia de Santa Fe) que posibilitará la integración territorial de ambas ciudades lo que podría resultar en la conformación de una micro región de 300.000 a 400.000 habitantes en un futuro mediato (Plan Estratégico para el Desarrollo Urbano Ambiental del Municipio – PEDUAM Goya, 2012).

Según el último censo nacional, Goya es uno de los asentamientos que forma parte del conjunto de 37 ciudades de más de 2000 habitantes que constituyen el sistema urbano de Corrientes (Gráfico N° 1.1. *up supra*), segundo en tamaño de población luego de la ciudad capitalina que alberga cuatro veces más población.

⁹ “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 conjunta con las provincias argentinas (PEDUAM, 2012:47).

Carta Imagen N° 1.2. Planta urbana de la Ciudad de Goya en la actualidad.



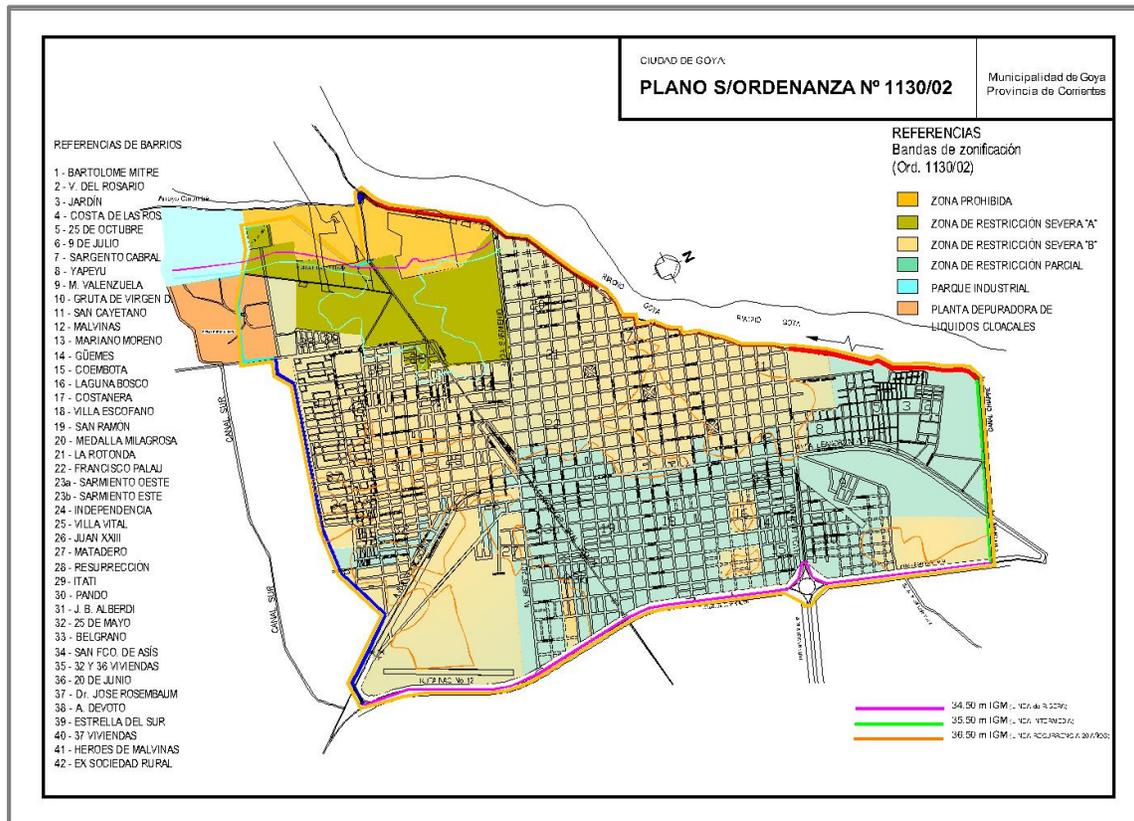
Fuente: Integración en base a SIG 250-IGN y *Google Earth*.

En relación a la normativa existente y de interés para esta investigación que se encuentra vigente en la ciudad podemos señalar que:

- A partir del año 1997 se encuentra en vigencia la ordenanza N° 846 en la que se establecen los límites de la planta urbana, la división de la ciudad en dos grandes zonas “A” y “B”, y una serie de restricciones a los parcelamientos y construcciones dentro de estas zonas en relación a las longitudes y superficies mínimas, los porcentajes de espacios verdes y las reservas fiscales, entre otros;

- La ordenanza N° 1.130 del año 2003 establece la zonificación de la ciudad como “Zona Prohibida”, donde no se permite ningún uso del suelo salvo autorización expresa por ordenanza del Honorable Consejo Deliberante, además “las obras que se desarrollen en la banda de zonificación denominada Zona Prohibida, se encuentran en un sector vulnerable a las inundaciones de origen fluvial, siendo los propietarios los únicos responsables por los eventuales daños a la propiedad privada, y públicas y consecuencias posibles” (Ord N° 1130/03, art. 15); “Zona de Restricción Severa ‘A’” donde “se prohíben todos los usos del suelo, excepto: agricultura y ganadería, forestación con adecuada densidad para no obstruir el escurrimiento, edificios para la recreación con construcciones elevadas por encima de la cota 38m (IGM). Por excepción se podrán considerar emprendimientos no residenciales que contemplen rellenos y terraplenamientos de los terrenos a la cota aludida y cuya evaluación no representen costos sociales y ambientales a la población ante situaciones de riesgo de inundación, según plano” (Ord N° 1130/03, art. 16); “Zona de Restricción Severa ‘B’” donde: “a- se prohíbe la radicación de usinas eléctricas, aeropuertos e instalaciones militares. b- Permitiendo la construcción habitacional, siempre que se respete la cota de más de 36,90 cm. (...)” (Ord N° 1130/03, art. 17); “Zona de Restricción Parcial” como el área con menor potencial de inundación destinada a los asentamientos humanos intensivos. “En ella se desarrollarán usos vinculados a la residencia, las actividades comerciales, de servicios y de producción, o mixtas compatibles entre sí. Con construcciones elevadas por encima de la cota 36.90m (IGM) (...)” (Ord N° 1130/03, art. 18); “Parque Industrial”; y “Zona Rural”. (Figura N° 1.6)

Figura N° 1.6. Zonificación de la Ciudad de Goya.



Fuente: Extraído de Ordenanza Municipal N° 1130/2003.

1.4.3. PASO DE LOS LIBRES

La ciudad de Paso de los Libres se encuentra, al igual que la ciudad de Curuzú Cuatiá, en la región Centro-Sur de la provincia en la margen izquierda del río Uruguay (29° 42' 47 LS y 57° 05' 24 LW). Es la cabecera del departamento homónimo, que incluye además las localidades de Tapebicuá, Parada Pucheta y Bonpland (Plan Estratégico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Paso de los Libres - PEOT, 2013) y dista de la capital Correntina en 362 Km. (Mapa N° 1.1 – derecha *up supra*).

La ciudad fue fundada el 12 de septiembre de 1843 por el General Joaquín Madariaga con el nombre actual que rememora a decenas de hombres que en busca de su libertad atravesaron grandes distancias. En 1888 Paso de los Libres adquiere el rango de ciudad.¹⁰

¹⁰ Disponible en: <https://pasodeloslibres.gob.ar/ciudad1/>

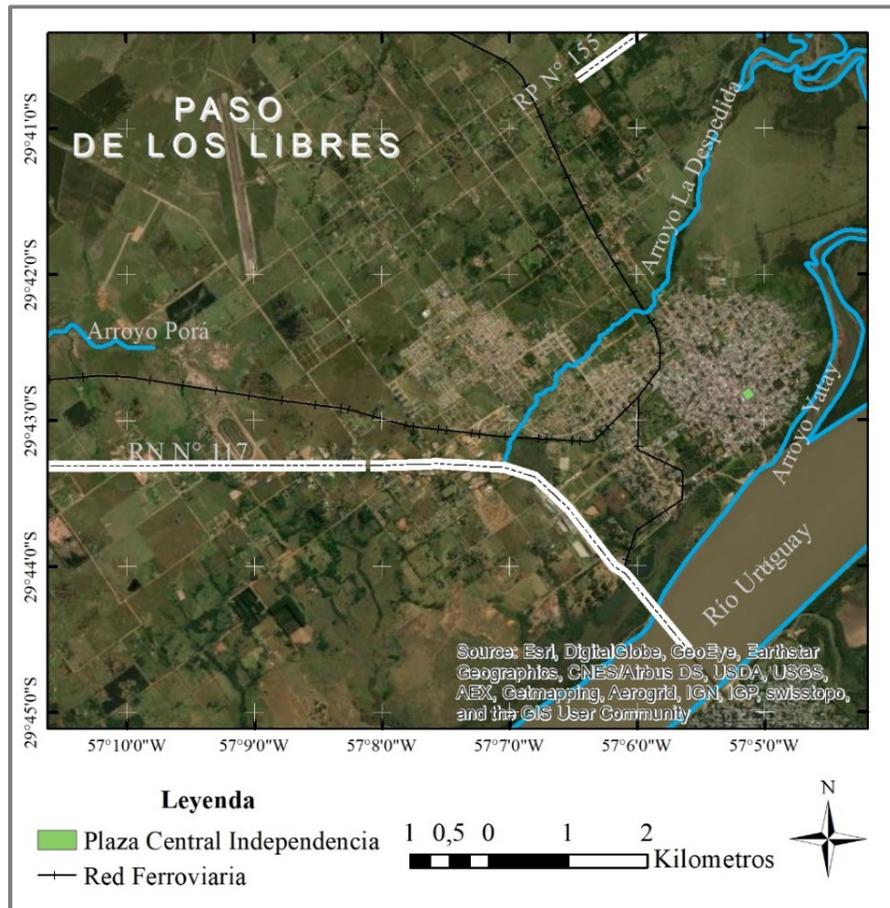
Según Conte (2017) la ubicación de Paso de los Libres es estratégica desde el punto de vista de la comunicación y de las relaciones comerciales con el país vecino, ya que el río Uruguay apenas impedía la circulación, intercambios y comunicación entre los pobladores de las ciudades fronterizas.

Dado su potencial, Presman expresaba en el año 2009 que “es la tercera ciudad de la provincia pero su crecimiento económico la llevará a ser la segunda en la próxima década. Tiene un gran movimiento turístico por motivo de negocios, especialmente vinculados a los movimientos aduaneros y el comercio exterior, ya que es la segunda aduana del país, gran parte del transporte del MERCOSUR pasa por Libres” (Presman, 2009:25).

Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del 2010 el municipio de Paso de los Libres contaba en el año 2010 con una población de 45.805 habitantes (INDEC, 2010) ubicándose como el tercer municipio de la provincia con mayor número de habitantes, siguiendo a Corrientes y Goya. Asimismo en base a las proyecciones y estimaciones del mismo INDEC, al año 2018, el municipio estaría alcanzando una población total de 49.500 habitantes (INDEC, 2018).

Como se dijo, la planta urbana de la ciudad se situó sobre la margen izquierda del río Uruguay (confluencia del río Uruguay y el arroyo Yatay, sitio conocido como rincón de San Jorge), frente a la ciudad brasileña de Uruguayana y se encuentra conectada a ella mediante el puente internacional “Agustin P. Justo – Getulio Vargas” desde el 21 de mayo de 1947. Está limitada por los arroyos La Despedida al Noroeste, Porá al Oeste y Yatay al noreste; al Sur la ciudad limita con el río Uruguay que la separa de la República Federativa del Brasil (Carta Imagen N° 1.3). Cabe mencionar que la cuenca del Arroyo Yatay, de carácter permanente, presenta márgenes barrancosas, de hasta tres metros de altura, a excepción de un tramo del curso al norte de la ciudad de Paso de los Libres, donde se transforma en una amplia zona de bañados (PEOT, 2013).

Carta Imagen N° 1.3. Planta urbana de la Ciudad de Paso de los Libres en la actualidad.



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

Como se dijo, la ciudad se vincula, a través del Puente Internacional Ferro-Automotor con la ciudad de Uruguayana y con los principales Estados del sur de la República Federativa del Brasil; a través de la Ruta Nacional N° 117 y N° 14 y el ferrocarril General Urquiza con el norte y sur de la Argentina (es decir, 369 Km a Posadas, provincia de Misiones y 765 Km a Buenos Aires respectivamente), y por la Ruta Nacional N° 123 con la Región del Norte Grande (362 Km a Corrientes) (Fernández y Otazú, 2003). Es posible además acceder a la ciudad desde las localidades del interior del departamento por la Ruta Provincial N° 155 hacia el noreste de la ciudad.

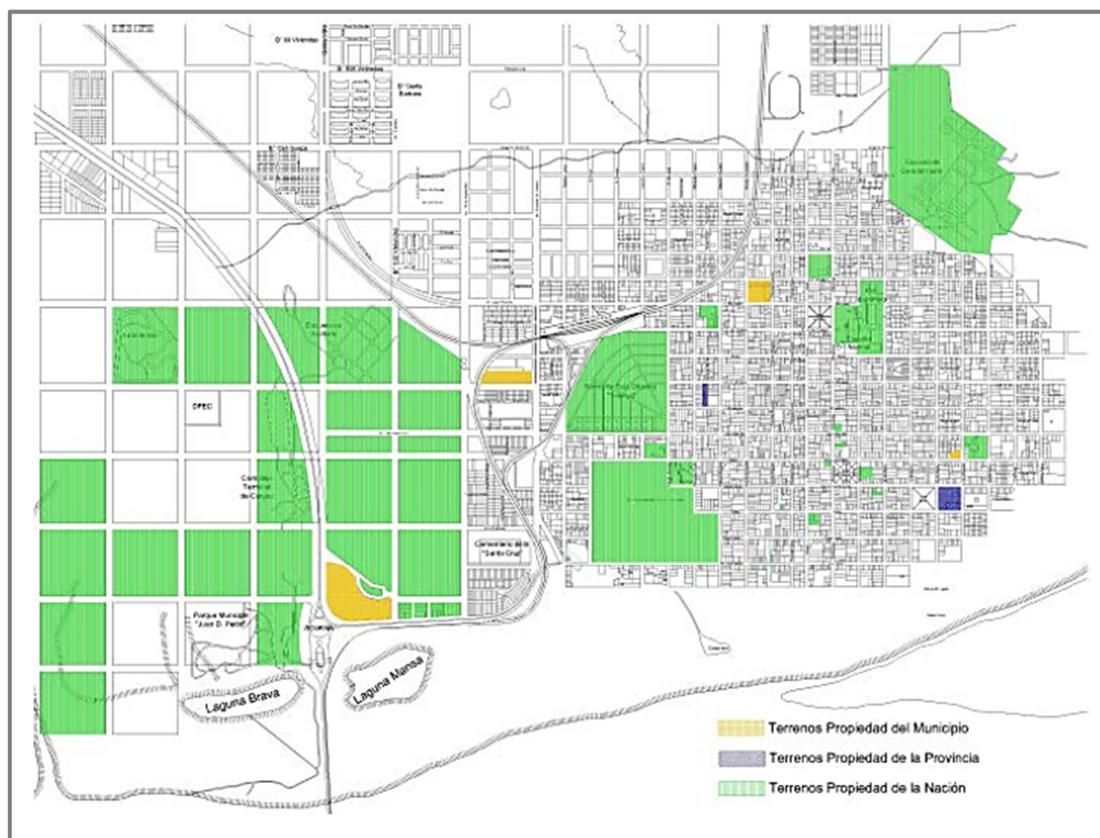
Los cursos de agua y las vías de circulación mencionados, junto con las avenidas que conectan diferentes sectores urbanos, los terrenos destinados al ejército nacional, la playa del

ferrocarril y el complejo terminal de cargas (CoTeCar) se configuran como condicionantes o barreras de la trama urbana. Específicamente, la importancia de las fuerzas del ejército se evidencia al realizar un análisis de las condiciones dominiales en el territorio de Paso de los Libres y constatar que grandes superficies (25% de superficie de suelo apto dentro del casco céntrico y áreas de mayor potencialidad para la expansión de la ciudad), en sectores de alto valor económico y ambiental son destinados al uso de estas fuerzas ya sea para actividades específicas relacionadas a sus tareas o al uso residencial¹¹. Asimismo, se presentan como barreras para el funcionamiento del área de Ruta Nacional N° 117, con la Aduana y el movimiento fronterizo en general (PEOT, 2013).

En particular, hacia el sudoeste, la continuidad de las tierras altas se ve cercada por las instalaciones y la presencia de las vías del ferrocarril, lo que impide el paso a la expansión del área urbanizada y provoca valores muy altos de la tierra y, como consecuencia, la proyección del área urbana en altura o en proximidades al arroyo Yatay mediante obras de relleno, y también trasponer el arroyo La Despedida y las vías férreas mediante nuevos barrios a manera de núcleos aislados del centro matriz (López Sánchez, 2012). La Figura N° 1.7 muestra la distribución de las tierras de propiedad del estado nacional tanto en las zonas urbanas como en las rurales, y la presencia en menor medida de predios de dominio provincial o municipal.

¹¹ “Las residencias militares ubicadas al suroeste de la ciudad constituyen un caso especial. Funcionan a la manera de los “barrios cerrados”, constituyendo un importante obstáculo en cuanto a las posibilidades de dar continuidad a la trama urbana” (PEOT, 2013: 129).

Figura N° 1.7. Localización de Tierras de dominio del Estado Nacional en la ciudad de Paso de los Libres.



Fuente: Fernández y Otazú, 2003. Extraído de PEOT, 2013:115

En el contexto descripto, “la ciudad se ve forzada a estructurarse condicionada por estos elementos y los espacios resultantes entre ellos, aptos para ser urbanizados, que no se encuentren afectados por las posibles crecientes del Río Uruguay y sus afluentes” (PEOT, 2013:108).

En el gráfico N° 1.1. (*up supra*) se puede apreciar la posición relativa de Paso de los Libres en cuanto a su población. La posición geográfica de la ciudad en la región centro-sur de la provincia y a orillas del río Uruguay es estratégica dada la presencia de uno de los más grandes puertos secos del país y un paso importante de conexión entre países integrantes del MERCOSUR. Además, la ciudad se configura como centro proveedor de servicios a escala regional y local, como centro de actividades industriales, como centro de actividades comerciales a nivel mayorista y minorista tanto para sus pobladores como para pobladores

de la ciudad fronteriza vecina, y como centro de actividades de acopio y transformación de productos agropecuarios (Fernández y Otazú, 2003). Es una de las ciudades de mayor tamaño urbano y dinamismo entre las localizadas a lo largo de la extensa frontera continental con la República de Brasil (Adiala, 2006, cit. en Barros Coelho y Luz Reis, 2011). Lo expuesto resume las razones por las cuales la relevancia de la ciudad de Paso de los Libres es significativa tanto a nivel local como regional. “Con una jerarquía de cabecera regional y la propuesta de elevarla a la categoría de Sub-Polo Regional, es el centro urbano de mayor jerarquía de la ribera del río Uruguay y de su extenso territorio departamental (...). La simple mención de que en esta ciudad se localiza la segunda aduana del país y el complejo terminal de cargas (automotor) fronterizo más importante que se conoce, permite reconocer la importancia que Paso de los Libres tiene como centro fronterizo” (Fernández y Otazú, 2003:07)

El Municipio de Paso de los Libres al año 2009 aún requería de una “Zonificación Global Preventiva” para orientar y regular el Desarrollo Urbano Ambiental, acompañada del marco legal correspondiente (cuenta con un Diagnóstico Urbano Ambiental antiguo elaborado entre 1992 y 1994 y estudios complementarios al mismo); saneamiento catastral (regularización de la tenencia de tierras¹²); regulación de ocupación y usos del suelo (lo que amenazaba con un territorio desordenado, conurbación de paisajes cerca de los centros prestadores de servicios, procesos de abandono de determinados sectores, pérdida de recursos y bajas densidades) (Presman, 2009).

En el año 2013, a partir de un convenio entre la Universidad Nacional del Nordeste – UNNE, el Consejo Federal de Inversiones – CFI y el gobierno de la provincia de Corrientes, se desarrolló el “Plan estratégico de Ordenamiento Territorial del municipio de Paso de los Libres” con el fin de “promover un proceso de planificación para el ordenamiento urbano territorial de la ciudad y su área rural, incorporando a la comunidad en la toma de decisiones y en el cual se inscriban proyectos que garanticen la preservación, mejoramiento y optimización de los niveles de funcionalidad y calidad ambiental para lograr el mejoramiento de la condiciones de vida de los habitantes del municipio. A su vez, buscar mecanismos

¹² “La superficie loteada del casco urbano consolidado abarca aproximadamente unas 400 Has, donde la regulación dominial y racionalización organizativa de un área de tan importante magnitud es uno de los principales desafíos para intentar brindar a la población, mejor y más equitativa accesibilidad a los servicios desde los diferentes puntos de la ciudad” (PEOT, 2013:112).

destinados a que el proceso se consolide y quede instaurado en el sistema municipal para su sustentabilidad en el tiempo” (Petrovic *et al.*, 2014:93). Entre las debilidades locales que se exponen en el Plan se encuentran: la normativa desactualizada en materia de subdivisión, usos, ocupación del suelo y condiciones ambientales y para el desarrollo socioeconómico; la situación urbano ambiental que presenta numerosos e importantes aspectos a resolver; los condicionantes de la estructura urbana mencionados anteriormente; áreas residenciales de alta densidad con problemas de conectividad entre sí y con el centro urbano; población asentada en sectores medioambientalmente críticos; escasez de espacios verdes y arbolado urbano; falta de integración de los recursos naturales a la trama urbana; falta de planificación respecto al uso de equipamientos otrora industriales y/o comerciales que en la actualidad se encuentran en desuso ocupando espacios de alto valor urbano, y respecto al impacto que generan sobre el territorio los equipamientos relacionados con el comercio internacional y actividades complementarias. Se mencionan también como debilidades sobre el territorio y su población: las condiciones del arroyo La Despedida afectado por urbanizaciones, basurales y falta de desmalezamiento sobre sus bordes, lo que condiciona el normal escurrimiento del sistema; la desigual cobertura de las infraestructuras y servicios básicos y la calidad de los mismos; y los espacios anegadizos, entre otros (Petrovic *et al.*, 2014).

1.5. FUENTES Y MATERIALES

En relación a las fuentes empleadas, es oportuno señalar que para este trabajo las que se consultaron y utilizaron son de carácter libre y gratuito, lo cual posibilitó el acceso a la información de interés para el estudio y colabora allanando el camino en el proceso de generación de nuevos conocimientos.

Se han utilizado distintos tipos de fuentes:

A) Al tratarse de un estudio de análisis espaciotemporal sobre los cambios en las coberturas y usos de suelo y posibles escenarios tendenciales, fue necesario trabajar sobre la observación de la evolución de dos (o más) periodos sobre los que se tiene información. Dada la inexistencia de mapas de usos y coberturas de suelo en las ciudades sobre las cuales se trabajó, los mismos fueron construidos usando diferentes fuentes de información, materiales y recursos. El insumo básico fueron las imágenes satelitales de misiones que, “en términos generales, son de fácil acceso a través de servidores gratuitos ya que un gran número de

misiones espaciales de diversos países las ponen a disposición de los usuarios interesados, en caso de tener que abonar por ellas el costo es cada vez más bajo, tienen alta periodicidad, adecuada resolución espacial y espectral para los análisis de tipo urbano, de modo que todo ello las convierte en un recurso que actualmente no se puede desestimar cuando se trata de analizar espacios urbanos. Treitz y Rogan sostienen que los métodos basados en la teledetección han demostrado ser una herramienta eficaz para la detección de los cambios en el uso del suelo y los ocasionados en el medio físico, los cuales cuantifican el ecosistema natural y urbano, proporcionando una visión integral de la dinámica espaciotemporal de la cobertura y los patrones del uso del suelo, contribuyendo con ello a la formulación de políticas de desarrollo regional (Jiménez-Moreno, 2011)” (Gomez y Ramírez, 2019:132). En palabras de Henríquez Ruiz (2015), el procesamiento e interpretación de las imágenes satelitales, Sistemas de Información Geográfica de por medio, se convierten en una potente fuente de información de tipo geográfica, a través de las cuales se pueden diferenciar diversos usos/coberturas del suelo y avanzar hacia el estudio de la evolución de los mismos en el tiempo.

En este estudio, las imágenes satelitales utilizadas fueron de la misión *Landsat*. Esta misión es una de las más ricas dada la cantidad de datos que ha recabado desde su inicio (entre el año 1972 y el año 1999 lanzó siete satélites que permiten la obtención de datos mediante teledetección). Los sensores TM (*Thematic Mapper*) y MSS (*Multispectral Scanner*) montados a bordo del satélite *LANDSAT 5*, todavía en funcionamiento y con una resolución temporal de 16 días, ofrecen imágenes multibanda de 7 bandas con resolución de 30 metros, excepto en la banda del infrarrojo térmico, donde la resolución es de 120 metros. Las imágenes tienen un tamaño de 185 × 172 km. A bordo del último satélite de esta misión, *LANDSAT 7*, de igual resolución temporal que el anterior, se monta el sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), que permite la obtención de imágenes pancromáticas con resolución de 15 metros, e imágenes multibanda con resolución de 60 metros. Este último sensor recoge un total de 8 bandas, y el tamaño de la imagen es de 170 × 183 km. (Olaya, 2014).

“En la actualidad el programa se encuentra en su octava versión denominada: ‘*Landsat DataContinuity Mission*’ (LDCM) es el octavo satélite de observación de la serie *Landsat* y continuará el legado de archivo de los anteriores satélites, convirtiéndose de esta manera en

el futuro de los satélites de observación de la tierra de mediana resolución con más historia. Este programa amplía, mejora y avanza en el registro de imágenes multispectrales, manteniendo la misma calidad de sus siete predecesores. Tras el lanzamiento, el satélite LDCM será rebautizado como *Landsat 8*. Este sistema está compuesto de dos grandes segmentos: el observatorio (consta de una plataforma con capacidad de carga de dos sensores de observación terrestre, el primero de ellos denominado OLI (*Operational Land Imager*) y el sensor térmico infrarrojo TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). (...) El LDCM seguirá la misma secuencia de trayectoria (también conocida como “*paths*” o rutas de acceso) como sus antecesores *Landsat 4*, *Landsat 5* y *Landsat 7*. Esto permitirá que todos los datos del LDCM son referenciados al mismo sistema de coordenadas, continuando con el registro de datos desde hace décadas. El segundo segmento es el sistema terrestre, el cual proporciona la capacidad necesaria para la planificación y programación de las operaciones del LDCM y todas aquellas necesarias para administrar y distribuir los datos” (Ariza, 2013:07-08).

“Las imágenes *Landsat 8* obtenidas por el sensor OLI y TIRS constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul- profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km)” (Ariza, 2013:09).

B) Se ha analizado además información poblacional proveniente de los censos nacionales, desagregadas a distintos niveles (nacional, departamental, por localidad). “Las estadísticas oficiales constituyen un elemento indispensable en el sistema de información de una sociedad democrática y proporcionan al gobierno, a la economía y al público datos acerca de la situación económica, demográfica, social y ambiental. Con este fin, los organismos oficiales de estadística han de compilar y facilitar en forma imparcial estadísticas oficiales de comprobada utilidad práctica para que los ciudadanos puedan ejercer su derecho a mantenerse informados” (<https://observatorio.unr.edu.ar/indec-instituto-nacional-de-estadistica-y-censos/>). En este sentido, en Argentina el organismo encargado de proveer dicha información es el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina

(INDEC), “organismo público, de carácter técnico, que depende del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación y ejerce la dirección superior de todas las actividades estadísticas oficiales que se realizan en el territorio de la República Argentina. Sus responsabilidades son: implementar la política estadística del Estado Nacional; estructurar y conducir el Sistema Estadístico Nacional (SEN); diseñar la metodología, organizar y dirigir los operativos nacionales de relevamiento a través de censos y encuestas y elaborar indicadores básicos e información de orden social y económico (...). El INDEC lleva adelante más de 100 programas que relevan y producen información de carácter social, demográfico y económico para el ámbito público, el sector privado y la investigación” (<https://observatorio.unr.edu.ar/indec-instituto-nacional-de-estadistica-y-censos/>).

C) Información gráfica con sus atributos relacionados, vinculadas a los registros catastrales de la provincia, provistas por la Dirección Provincial de Catastro y Cartografía de la Provincia de Corrientes DPCyC; capas vectoriales que colaboraron a definir espacialmente los límites del área de estudio (en base a los ejidos urbanos establecidos por el Instituto Geográfico Nacional - IGN) y a enmarcar las características particulares de cada ciudad (existencia de cursos de agua – IGN, infraestructura vial – información provista por la Dirección Provincial de Vialidad - DPV).

D) Por último, se han utilizado tanto como apoyo en la confección de la cartografía temática como en la etapa de validación de los resultados obtenidos, imágenes satelitales de mayor resolución de *Google Earth*® que, como expone Henríquez Ruiz (2015) se presentan como una gran ventaja para los estudios geográficos por su condición de accesibilidad y gratuidad, además de la disponibilidad de imágenes de fechas pasadas (necesarias en el presente trabajo).

“La realización de análisis de cambios de usos del suelo para un periodo de tiempo largo requiere de la combinación de diferentes fuentes de información como mapas históricos, fotografías aéreas o imágenes de satélite para la generación de mapas de usos y cubiertas del suelo de diferentes momentos en el tiempo. Esto conlleva a trabajar con datos que no tienen la misma resolución espacial y/o espectral ni el mismo nivel de detalle en la clasificación temática, por lo que son difícilmente comparables entre sí. Tal y como señalan Petit y Lambin (2001), la utilización de datos heterogéneos, sin una previa homogeneización de su contenido temático y espacial, contaminará la detección de los cambios de usos por su imprecisión e

inconsistencia, por lo que debe ser realizada una integración previa de éstos mediante el uso de metodologías o herramientas que permitan la combinación de datos espaciales, para obtener así una serie temporal de mapas homogéneos de usos del suelo. Del mismo modo, en los análisis de cambios de usos del suelo y en la realización de escenarios futuros se necesita de otro tipo de información de índole muy diversa, además de los datos de usos o cubiertas del suelo. Esta información se presenta, principalmente, en formato cartográfico y, en ocasiones, ha sido generada por diferentes organismos e instituciones, por lo que su formato y escala tampoco es homogéneo. Es por ello que estas fuentes también deben ser homogeneizadas para poder integrarlas en los análisis” (Gallardo Beltrán, 2014: 129).

En síntesis, a continuación se detallan los materiales utilizados a lo largo del todo el trabajo y las fuentes de origen:

Tabla N° 1.1. Fuentes y Materiales utilizados.

	Material	Fuente	Formato
A	Imágenes Landsat 5 (Junio 1990 y Junio 2010)	USGS, <i>Earth Resources Observation and Science Center</i> (https://www.usgs.gov/)	Ráster
	Imágenes Landsat 8 (Junio 2016)	USGS, <i>Earth Resources Observation and Science Center</i> (https://www.usgs.gov/)	Ráster
B	Datos de población	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC)	Estadísticos
C	Planos Catastrales	Dirección General de Catastro y Cartografía de la Provincia de Corrientes (DGCyC)	Vectorial
	Modelos Digitales de Elevación (MDE)	IGN	Ráster
	Ejidos Urbanos, Capa vial, cursos de agua, capa ferroviaria.	IGN	Vectorial
	Capa Vial de cada ciudad	Dirección Provincial de Vialidad (DPV)	Vectorial
D	Imágenes satelitales de alta resolución espacial.	<i>Google Earth</i> ®	Ráster

Fuente: Elaboración Propia.

1.6. ESQUEMA METODOLÓGICO

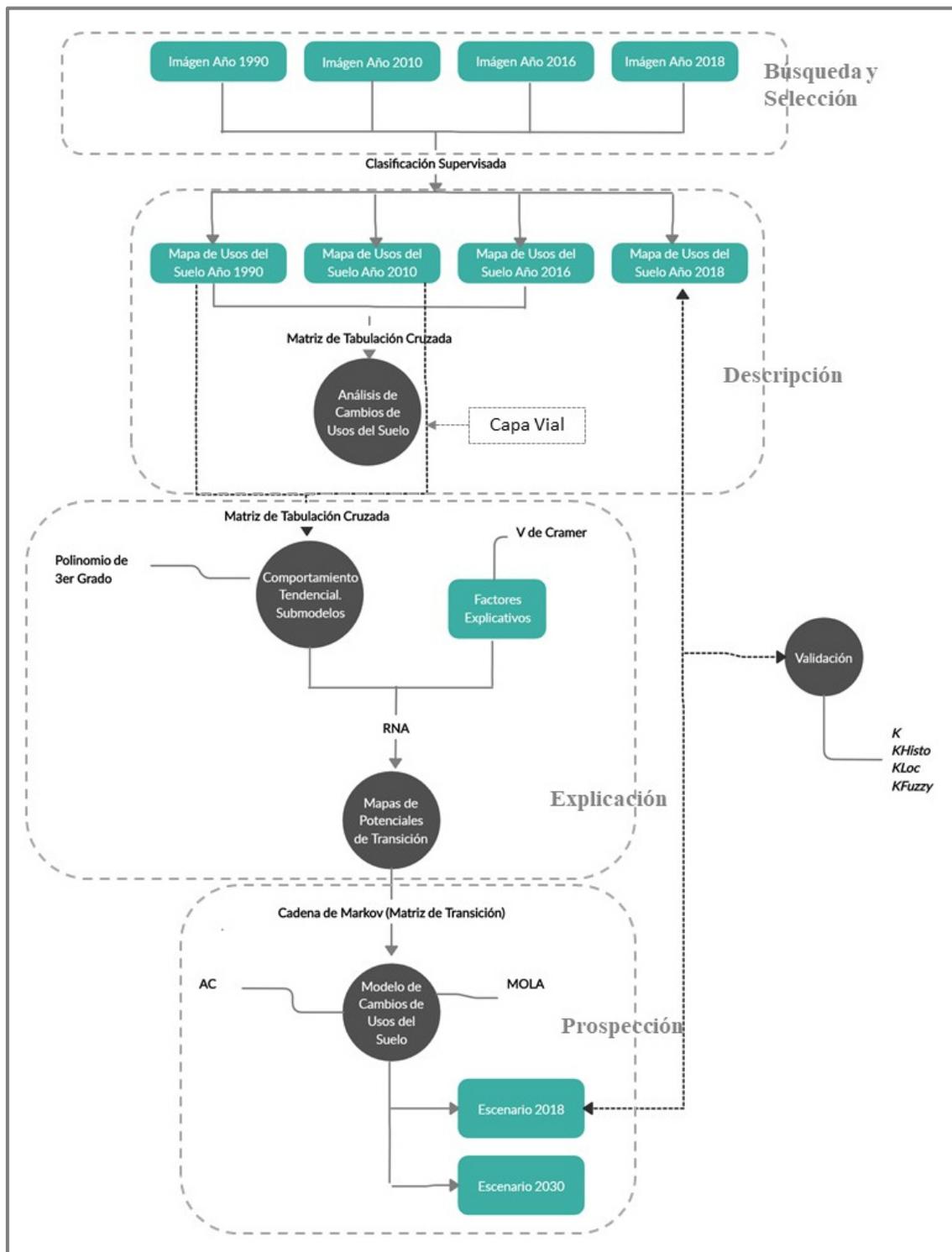
El esquema metodológico del proceso abordado a lo largo de todo el trabajo de tesis se visualiza en la figura N° 1.8. Dado que cada etapa posee una metodología particular, se decidió exponer el detalle de las mismas en cada uno de los capítulos correspondientes.

En términos generales, el trabajo se estructura en tres grandes etapas que se pueden enumerar como 1) descriptiva, 2) explicativa y 3) predictiva. Las mismas fueron desarrolladas luego de una fase inicial de búsqueda y selección de datos e información de partida que consistió en la correspondiente lectura de material bibliográfico y antecedentes pertinentes, como así también de la preparación de datos (aunque este paso considerado teóricamente previo, irrumpió en cada gran etapa evidenciando la complejidad propia de un trabajo de investigación).

Respecto de la preparación de datos y variables, el proceso consistió en la construcción de los mapas de usos de suelo para cada ciudad en cada momento considerado (metodología que se describirá en el capítulo 3), determinación (y en determinados casos construcción) de variables a explorar, homogeneización de la información en relación a las resoluciones y sistemas de referencias para su posible integración posterior a través de Sistemas de Información Geográfica.

La metodología correspondiente a la etapa denominada “Descriptiva” (en términos de Pineda Jaimes y Principi (2019), se debe a que se utilizan modelos de cambios de usos del suelo que sirven para describir los cambios sucedidos en términos de cantidad y localización) se describe en detalle en el capítulo 3. Las etapas “Explicativa” y “Predictiva” son descriptas en detalle en el capítulo 4. Asimismo, en dicho capítulo se expone un apartado propio para el proceso de validación incluido, con el objeto de conocer la incertidumbre del modelo calibrado.

Figura N° 1.8. Esquema metodológico seguido en el desarrollo de la presente tesis (síntesis).



Fuente: Elaboración Propia

1.7. RECURSOS UTILIZADOS

Durante el proceso de elaboración de este trabajo, se han intentado diversos posibles caminos que ayuden a la concreción de los objetivos de la investigación. A continuación se mencionan los mismos:

- **SACcity**. “Es una herramienta computacional basada en el modelo de autómatas celulares compatible con Sistemas de Información Geográfica, que se ejecuta mediante la simulación de escenarios futuros, con el fin de estudiar y comprender en profundidad el fenómeno del crecimiento y expansión urbana” (Disponible en: <http://news.fch.unicen.edu.ar/?p=9262>).
- **LandUseSim**. Software que permite la simulación y dinámica de los usos y coberturas del suelo. Es apropiado para “realizar simulaciones masivas, como predecir la expansión urbana y la predicción de cambios en el uso de la tierra, que se someten a iteraciones informáticas. LanduseSim es capaz de ofrecer varios marcos cruciales para los procesos de planificación urbana, como explicar los cambios de uso / cobertura del suelo, generar escenarios de planificación, evaluar los planes de desarrollo, simular los planes y proporcionar comentarios para una comprensión profunda de cambios” (Disponible en: https://www.facebook.com/pg/landusesim/about/?ref=page_internal)
- **Molusce** (*Modules for Land Use Change Simulations*). Software QGIS, versión 3.0.13. Es un complemento para la evaluación de cambio de usos del suelo que proporciona un conjunto de algoritmos para simulaciones de cambio de uso del suelo, como Redes Neuronales Artificiales, Regresión Logística, Evaluación Multicriterio y permite además realizar la validación de las simulaciones realizadas mediante coeficientes Kappa.
- **Modelador de Cambios del Terreno** (Land Change Modeler –LCM). Software IDRISI, versión Selva.
- **ArcGIS**, Versión 10.1.
- **Kit de Comparación de Mapas** (*Map Comparision Kit – MCK*).

Respecto a estos últimos tres recursos, su descripción será abordada en cada uno de los capítulos correspondientes.

Cabe mencionar, que el mismo proceso de investigación fue abriendo las puertas que permitieron avanzar en un determinado sentido y opciones alternativas no empleadas en esta ocasión serán incluidas como posibles líneas futuras de trabajo.

CAPÍTULO 2. LA URBANIZACIÓN MULTIESCALAR, LA PLANIFICACIÓN URBANA Y LOS CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN CIUDADES INTERMEDIAS.

“(…) En la lucha a muerte entre el hombre y la naturaleza la única opción progresista hoy es apostar por el planeta. De cara a los futuros desarrollos urbanos esta apuesta significa oponerse a esa siniestra mancha de aceite, a esa manta que se extiende y ahoga montes, valles y collados y defender la recuperación de la ciudad existente, la ciudad consolidada, rehabilitándola y modernizándola, haciendo ciudad en la ciudad, aprovechando los vacíos existentes y potenciales, o bien proyectando un crecimiento ponderado con la escala de la ciudad que venga a completarla, dando cobijo a nuevas demandas que no tienen cabida en el tejido heredado, pero evitando los desmadrados polígonos que se adhieren como excrecencias adiposas. Quizá así podamos defender el planeta y dejar el campo tranquilo y vivo”¹³.

¹³ <https://www.otromundoesposible.net/ciudad-compacta-ciudad-dispersa/>

2.1. URBANIZACIÓN A DISTINTOS NIVELES

2.1.1. NIVEL GLOBAL

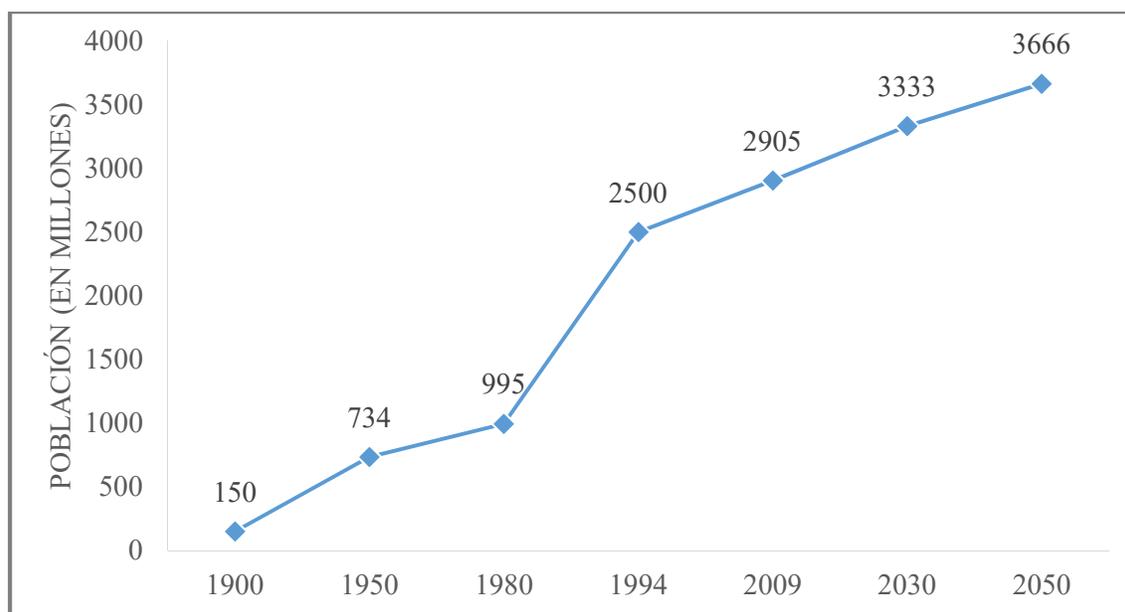
La urbanización es un fenómeno global que se da a escala planetaria, con ritmos y caminos desiguales y diferentes pero que conducen a una misma realidad compleja y diversa: la construcción del planeta ciudad (Bellet, 2000). Este proceso implica dos tipos de movimientos: unos atrayentes o de carácter centrípeto (de la población rural a los centros fabriles) y otros de carácter centrífugo (cuando paulatinamente los territorios vecinos y su población se van incorporando al núcleo urbano al ser absorbidos debido al crecimiento de la ciudad (Henríquez Ruiz, 2014).

Afirma Henríquez Ruiz (2014) que a nivel mundial el porcentaje de población urbana superó al de población rural por primera vez a fines de la década pasada. Aunque la superficie urbana representa menos del 5% de la superficie terrestre, genera impactos en el medio en todas las escalas cuyos efectos son irreversibles. “El crecimiento de las ciudades es algo inevitable, viene de la mano del crecimiento demográfico y económico, pero la forma en que este ocurre puede hacer grandes diferencias en el tipo de urbe que resulte, con fuertes implicancias en términos de eficiencia, costos de transporte, calidad del espacio público y, en resumidas cuentas, calidad de vida para sus habitantes” (Hurtubia y Cox, 2017, párr.2).

Según el Informe Mundial sobre la Cultura (1998) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), a principios del siglo XX, 150 millones de personas vivían en zonas urbanas (menos del 10% de la población mundial). Para fines de dicho siglo, se experimentó una explosión demográfica y la población urbana en el mundo se multiplicó por veinte, para alcanzar casi los tres mil millones de personas, es decir, que dentro de los núcleos urbanos, se encuentra prácticamente la mitad de la población del planeta (Bellet y Llop, 1999). Posteriormente Precado Ledo (2004) afirmó que para el año 2014 la mitad de las personas de todo el mundo vivirían en zonas urbanas y que gran parte del crecimiento urbano se concentraría en las zonas más pobres del mundo, lo que obliga a pensar en nuevos modelos de desarrollo urbano y organización del territorio. Por su parte, Henríquez Ruiz sostiene que la población actual y futura preferirá vivir en ciudades (Henríquez Ruiz, 2014). En efecto, en 2016 se ha estimado que la población urbana mundial

ascenderá al 60% para el año 2030 (*International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank*, 2016), y para mediados del siglo XXI, casi dos de cada tres personas vivirá en zonas urbanas (Bencomo Sáenz *et al.*, 2013). “Se prevé que este aumento se producirá de forma desigual en términos geográficos y que, además, algunas de las urbes que actualmente presentan un mayor tamaño podría ver reducido su número de habitantes”¹⁴.

Gráfico N° 2.1. Población urbana mundial entre 1900 y 2050 (proyección).



Fuente: Elaboración Propia en base a (Bottino Bernardi, 2009; Bellet y Llop, 1999).

En la actualidad, América del Norte, América Latina y el Caribe, Europa y Asia son las regiones más urbanizadas (82%, 81%, 74% y 68% respectivamente de sus poblaciones habitan sus ciudades). El nivel de urbanización en Asia es de aproximadamente el 50%. Por el contrario, África sigue siendo principalmente rural, con el 43% de su población viviendo en áreas urbanas.¹⁵ Estos valores deben ser interpretados en relación a los porcentajes de población mundial que residen en cada uno de dichos continentes, pues en caso contrario no se les daría la importancia real que tienen ambos valores en estrecha relación. En este sentido, Asia es el continente que alberga a la mayoría de la población del planeta (60%) seguido por

¹⁴ Datos para el año 2018. Disponible en: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>

¹⁵ Disponible en: <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>

África (16%), Europa (10%), América Latina y el Caribe (9%) y los 5% restantes se distribuyen entre América del Norte y Oceanía¹⁶. Según director de la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU (DESA), John Wilmoth, y tomando en cuenta la información detallada en los párrafos anteriores, para mediados de este siglo la población urbana aumentará en 2.500 millones de personas a causa de la preferencia de las personas por vivir en ciudades por un lado, y el crecimiento natural de la población por el otro. Entre Asia y África concentrarán aproximadamente el 90% de dicho incremento¹⁷. Complementando esta idea, Henríquez Ruiz expone los motivos por los cuales se da esta tendencia de crecimiento poblacional en el medio urbano, entre ellos menciona: mayor movilidad espacial de la población, en busca de mejores oportunidades de empleo y servicios; la dinámica socioespacial que aumenta las distancias entre los habitantes urbanos y entre éstos y los centros de comercios y servicios; altas tasas de crecimiento vegetativo; la configuración de las ciudades como centros de operación, productoras de materias primas donde tienden a localizarse mayores capitales; entre otros (Henríquez Ruiz, 2014).

Asimismo, Bottino Bernardi (2009) expresó que en los próximos 30 años prácticamente el crecimiento de población ocurrirá en las áreas urbanas de los países en desarrollo¹⁸. Está proyectado que la población urbana en dichos países crecerá a una tasa anual promedio de 2,4%, el doble de la tasa anual de crecimiento de la población total en general de 1,2% en el mundo en desarrollo. A pesar de que su población urbana también crecerá más rápido que su población total, y de que el mundo desarrollado se mantendrá mucho más urbanizado, el crecimiento urbano en aquellos países es más rápido y, en números absolutos, mucho mayor. Según las proyecciones, en los próximos 30 años la población urbana de los países en desarrollo, va a duplicarse, de un poco menos de 2 mil millones en el año 2000 hasta casi 4 mil millones para el año 2030. Por contraste, se proyecta que la población urbana de los

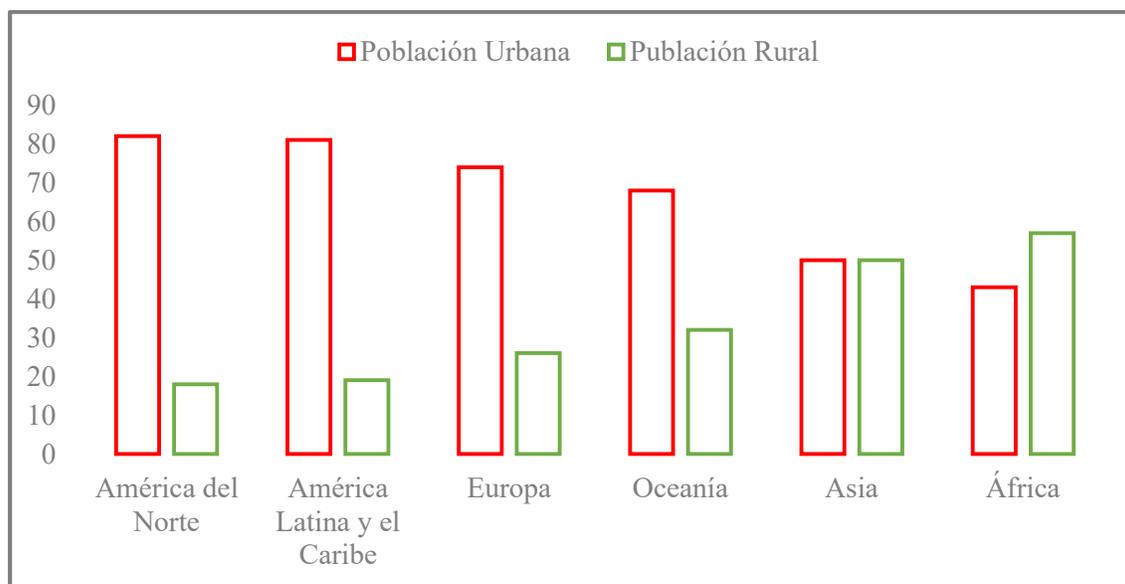
¹⁶ Disponible en: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>

¹⁷ Disponible en: <http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

¹⁸ “Un país desarrollado es aquel que posee altos niveles de calidad de vida y un amplio grado de desarrollo industrial y socioeconómico, cuenta con un alto ingreso per cápita y un elevado índice de desarrollo humano. Un país subdesarrollado es aquel que tiene un nivel bajo de calidad de vida respecto a otros países, depende del sector agrícola, con escaso desarrollo industrial y presenta problemas socioeconómicos. Además, cuenta con un bajo ingreso per cápita, al igual que un bajo índice de desarrollo humano”. (Arrieta, E, S/F). Disponible en: <https://www.diferenciador.com/paises-desarrollados-y-paises-subdesarrollados/>

países desarrollados casi no va a aumentar (de 900 millones en el año 2000 a 1.000 millones en 2030). Su población urbana alcanza el 75% (Bottino Bernardi, 2009).

Gráfico N° 2.2. Población urbana y rural por regiones. Año 2018 (Valores expresados en porcentajes)



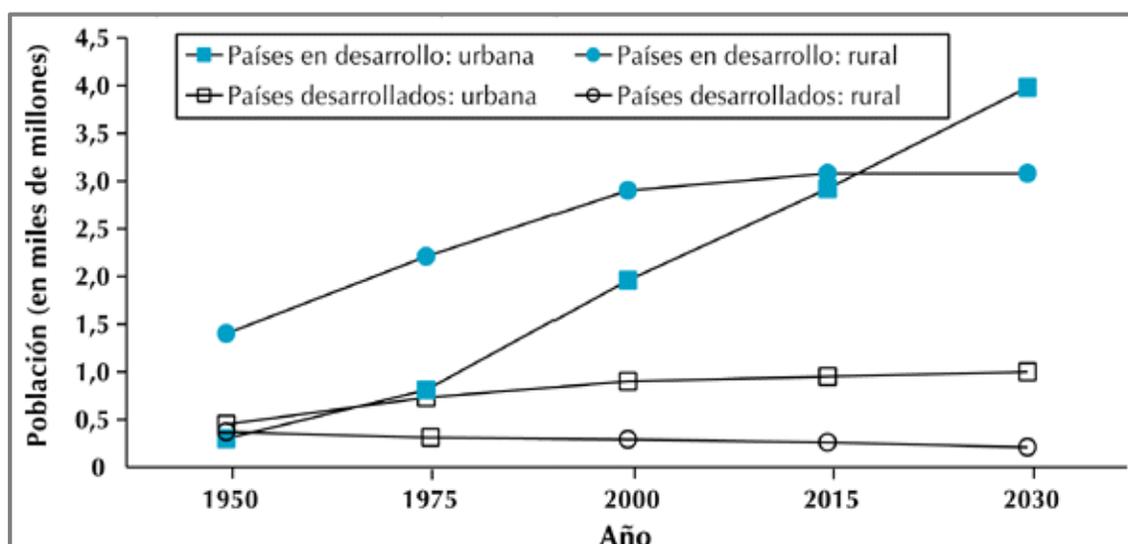
Fuente: Elaboración Propia en base a *United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division* (2019)

2.1.2. EN LATINOAMÉRICA

El continente americano es el más urbanizado con porcentajes que en muchos lugares de América del Sur superan el 80% (Bellet, 2000). En el año 2000, el porcentaje de urbanización de América Latina ascendía a 75,3%, valor que se estima llegue al 82,2% en el año 2025 (Lattes, 2000). De estos valores, aproximadamente el 66% vive en ciudades que albergan 20.000 habitantes o más y cerca del 80% en ciudades de menor cantidad de habitantes (CEPAL, 2012). En particular, “América Latina y el Caribe conforman una región fundamentalmente urbana, aunque con grandes espacios poco poblados” (ONU Habitat, 2012:11).

El crecimiento urbano hoy, aunque se dan en todas las regiones del planeta, es mayor en los países del Tercer Mundo²⁰ (Bottino Bernardi, 2009). Los países en desarrollo experimentan un crecimiento de su población urbana más acelerado mientras que en los países desarrollados el crecimiento de la población urbana tiende a estancarse. “Es importante destacar asimismo, que el aporte de los países desarrollados a la población total es menor en relación al resto del mundo y que a futuro se estima que estos últimos experimentarán un crecimiento cada vez más lento. En consecuencia, la mayor contribución a la población urbana provendrá de los países subdesarrollados y en vías de desarrollo” (Henríquez Ruiz, 2014:32). Asimismo, la población rural en los países en desarrollo disminuye mientras que en los países desarrollados aumenta lentamente. (Figura N° 2.1).

Figura N° 2.1. Estimaciones y proyecciones de poblaciones urbanas y rurales de los países desarrollados y de los países en desarrollo, 1950 - 2030.

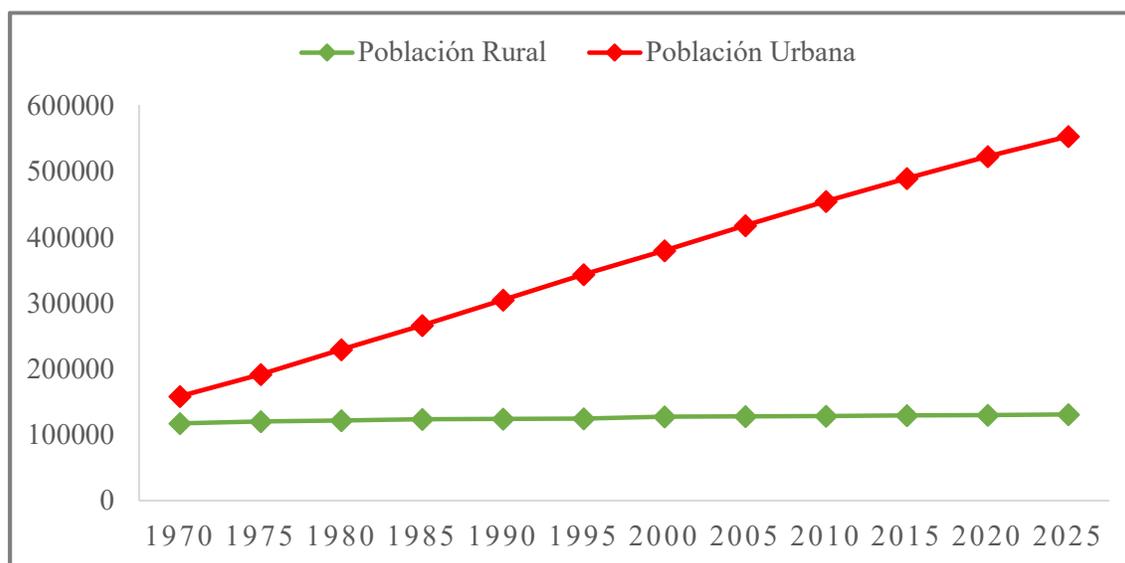


Fuente: ONU, 2002, extraído de Bottino Bernardi, 2009

²⁰ Según el Diccionario de la Real Academia Española, el tercer mundo está conformado por el “conjunto de los países menos desarrollados económica y socialmente”. Disponible en <https://dle.rae.es/?id=Q5etWXp> “(...) En América Latina el producto de la intensa y rápida urbanización que ocurrió durante el siglo 20 resultó en una realidad muy distinta de los ideales del desarrollo sostenible. Con sus desigualdades sociales, ambientales y económicas, América Latina es también reconocida como una de las regiones más desiguales del mundo (ECLAC, 2016)” (De La Sala *et al.*, 2019:01)

En 1950 sólo en tres países (Uruguay, Argentina y Chile) más de 50% de su población residía en áreas urbanas, para el año 2000 esta cantidad de países ascendía a 18 (Lattes, 2000). En el año 2000 los datos aportados por la CEPAL, en relación de 20 países de América Latina afirmaban que para el dicho año, 380 millones de personas habitaban en ciudades mientras que la población rural era de 127 millones. En Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela, se encontraba más del 85% de la población urbana de América Latina; junto con Uruguay y Puerto Rico conformaban los diez países más urbanizados de la región. Por su parte, la terna Uruguay, Argentina y Chile contaban con porcentajes similares de urbanización al año 2000 (91,2 %, 89,9% y 85,7%). Junto con Paraguay (con 56% de nivel de urbanización) conformaban la subregión de América Latina (Cono sur) más urbanizada con un porcentaje de 85,9%, seguida por Brasil (81,3%), la subregión Andina (Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia y Ecuador, con 74,6% en total), México (74,4%), el Caribe (Cuba, Puerto Rico, República Dominicana, Jamaica, Haití, con 61,8% en total), y por último América Central (Nicaragua, Panamá, Costa Rica, El Salvador, Honduras y Guatemala, con 47,8% en total). Aunque las distancias entre tales niveles de urbanización disminuirán en el futuro, se estimó que para el año 2030 esta tendencia permanecerá. (Naciones Unidas, 2000, cit. en Lattes, 2000). Sostenían además que, de continuar esta tendencia, para el año 2020 la población urbana en América Latina superaría el 80%, datos que al año 2018 ya han sido superados. A modo de ejemplos, al año 2018 Uruguay contaba con un 95% de población urbana, Argentina 92% (*United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019*).

Gráfico N° 2.3. Población urbana en América Latina (en miles a mitad de año).



Fuente: Elaboración Propia en base a datos de la CEPAL, División de Población, Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) (1999).

Por su parte, el informe de ONU Hábitat sobre el Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012, afirma que la explosión demográfica es una temática superada en la actualidad. Al respecto, expone que a partir del inicio del siglo XXI el crecimiento de la población en promedio por año es de menos del 2% (valor que puede asignarse al crecimiento demográfico natural) y sin embargo, las ciudades continúan expandiéndose a ritmos que pueden superar en un doble o triple al crecimiento poblacional, lo que impacta claramente en la reducción de la densidad demográfica e implica mayores costos para el estado y la población (Lanfranchi *et al.*, 2018). La construcción de nuevos conjuntos habitacionales, complejos residenciales como ser barrios cerrados, centros comerciales, aparición de barrios informales debido a las dificultades para el acceso a la vivienda de los hogares de menores ingresos, relocalización de viviendas antiguamente situadas en sectores desfavorables, favorecen la expansión física de la ciudad y la consecuente provisión de servicios básicos, construcción de nueva infraestructura y su mantenimiento genera costos superiores dado el aumento de las distancias. “Las ciudades más extensas requieren más carreteras, más tuberías, cables y más sistemas de transporte, y hacen que disminuyan las economías de escala y las ventajas de aglomeración” (ONU Habitat, 2012:13). “La tendencia mundial de

urbanización requerirá cada vez más recursos y energía del medioambiente para el funcionamiento de pueblos y ciudades, y a su vez, mayores esfuerzos para reducir la contaminación y los problemas ambientales asociados, en especial en las regiones menos desarrolladas” (Henríquez Ruiz, 2014: 32-33).

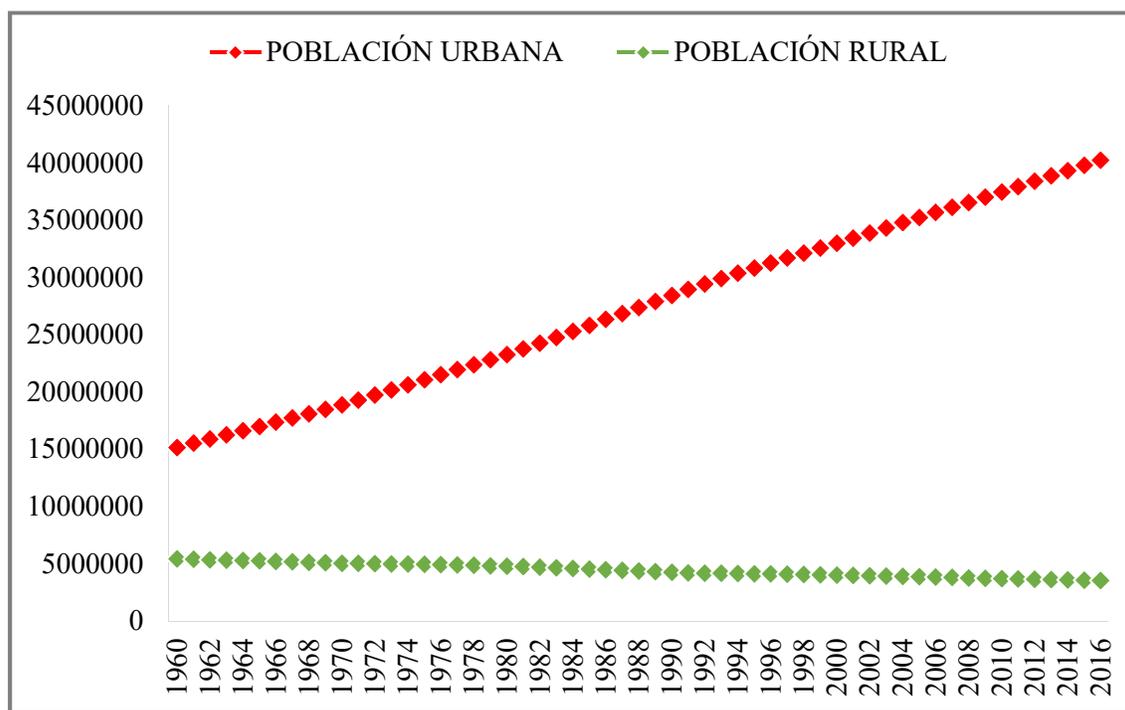
2.1.3. URBANIZACIÓN EN ARGENTINA

Según datos de la CEPAL, Argentina se encuentra clasificada como un país con una transición urbana avanzada (junto con Bahamas, Barbados, Chile, Jamaica, Uruguay y Venezuela) con un porcentaje urbano de 92% para el año 2015. 89,5% de la población habitaba espacios urbanos en 2001²² y para 2010 este número ascendía a 91,2% (Ramírez y Pértile, 2013a). Con estos valores, Argentina se ubicaba en el año 2000 en segundo lugar (después de Uruguay) según su nivel de urbanización entre los países de América Latina, y se estimaba que tal valor ascenderá a 93,9% en el año 2030 (Naciones Unidas, 2000 cit. en Lattes, 2000). Al año 2018, el orden mencionado se mantuvo con porcentajes de 95,7% para Uruguay y 92,4% para Argentina (*United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division*, 2019).

El gráfico N° 2.4 muestra los valores de población argentina según hayan habitado ámbitos urbanos o no desde mediados del siglo pasado.

²² Entendiendo como urbana a la población en localidades de más de 2000 habitantes.

Gráfico N° 2.4. Población urbana y rural de Argentina (1960 – 2016)



Fuente: Banco Mundial, 2016.

Considerando los datos de los censos nacionales a partir del año 1914, es posible afirmar que ya para dicho año el porcentaje de población urbana en el país ascendía a valores cercanos al 60% de la población total, porcentaje que se fue incrementando decenio a decenio (aunque en menor medida en cada uno de ellos) superando el 90% según el Censo Nacional de Hogares y Viviendas del año 2010 (Gráfico N° 2.5). “En las últimas décadas, el ritmo de crecimiento de dicho proceso ha sido menor, luego de haber llegado a un nivel de urbanización muy elevado, lo que hace presuponer la llegada a una cierta meseta. De todos modos, el porcentaje de población urbana se diferencia a nivel regional, por lo que es esperable que en las regiones menos urbanizadas este proceso continúe, particularmente en el Noroeste y el Nordeste del país” (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2011a: 34).

Históricamente, la población urbana argentina se ha caracterizado por estar altamente concentrada entre el Gran Buenos Aires (GBA)²³, la capital federal y su área metropolitana. En conjunto concentran el 33% de la población de todo el país y el 39% de la población urbana (Usach y Garrido, 2009). “Esta alta concentración de las ciudades es lo que autores como Rocatagliata y Beguiristain, denominan espacio urbanizado primacial, centralizado y de morfología concentrada (Usach y Garrido, 2009). Sin embargo, dice Vapñarsky, 1995, esta primacía tiende a disminuir” (Ramírez y Pértile, 2013a: 215-216). Por su parte, en el Informe Nacional de la República Argentina Conferencia de las Naciones Unidas sobre la vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III) “Evaluación del progreso y medidas orientadas a futuro” del año 2016, se afirma que la Región Metropolitana de Buenos Aires junto a las ciudades de Córdoba, Rosario, Mendoza y Tucumán reúnen casi al 50% de la población total del país (Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018).

“Considerando la variación de la población en las distintas regiones, se diferencian dos ritmos de crecimiento en el último periodo intercensal. Por un lado, la región patagónica, con un alto porcentaje de incremento de población; por el otro, el resto de las regiones, con incrementos que oscilan entre el 9 y el 11%. En este último grupo, sin embargo, los actuales porcentajes revelan procesos diferenciados: en tanto las regiones del Noroeste y del Nordeste muestran una marcada reducción de su ritmo de crecimiento, la región Centro presenta un incremento significativo. Estas tendencias, de todas maneras, no son suficientes para modificar estructuralmente la distribución regional de la población del país, que continúa manifestando una fuerte concentración en las provincias de la región Centro, que reúnen el 66% de la población total”. (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2011a: 34-35).

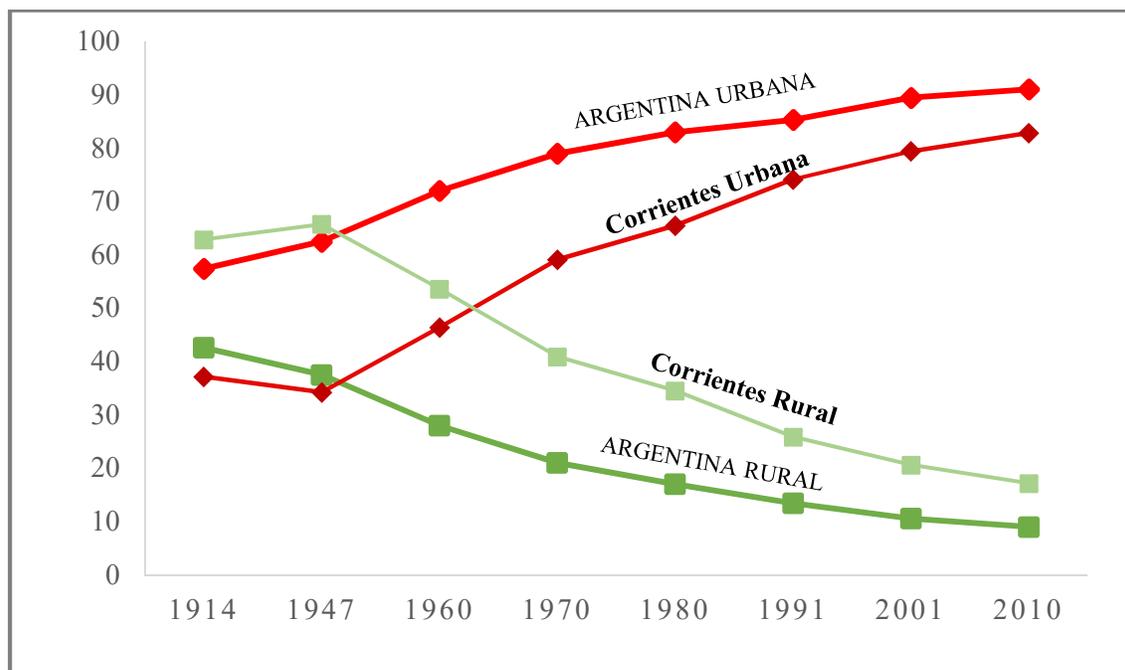
2.1.3.1. Provincia de Corrientes

En relación a la Provincia de Corrientes fue a partir de la década del ‘60 que se produjo un incremento acelerado de la población urbana en detrimento de la población rural. Ya para aquel periodo, la Argentina contaba con más del 70% de población urbana, lo que significaba una diferencia del 26% entre los datos nacionales y los datos provinciales. Para el año 2010

²³ Comprende la Ciudad autónoma de Buenos Aires y 23 partidos del conurbano bonaerense.

Corrientes contaba con un 82% de población urbana disminuyendo tal diferencia a solo un 9% (Gráfico N° 2.5).

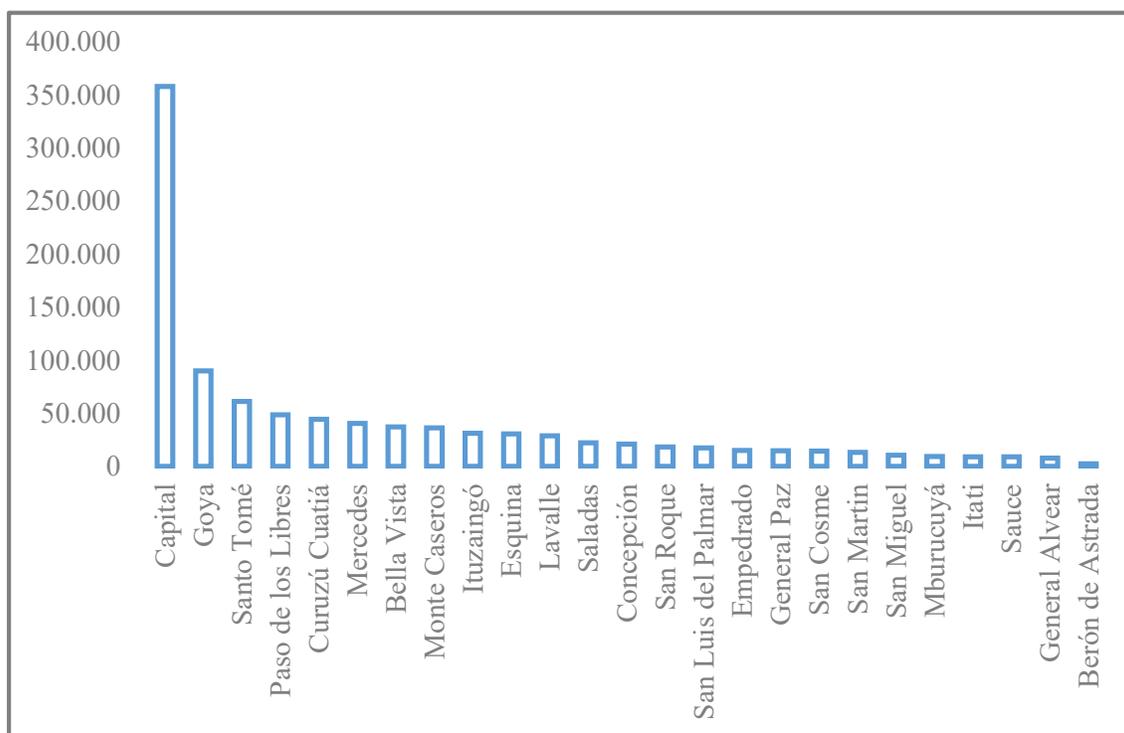
Gráfico N° 2.5. Población Urbana y Rural de Argentina y de Corrientes. 1914 – 2010.



Fuente: Elaboración Propia en Base a censos nacionales.

Para el año 2010, fecha del último Censo Nacional, la provincia de Corrientes contaba con un total de 992.595 habitantes. Más del 60% de dicha población se distribuye entre los departamentos Capital (36%), Goya (9%), Santo Tomé (6%), Paso de los Libres (5%) y Curuzú Cuatiá (4%) (Gráfico N° 2.6).

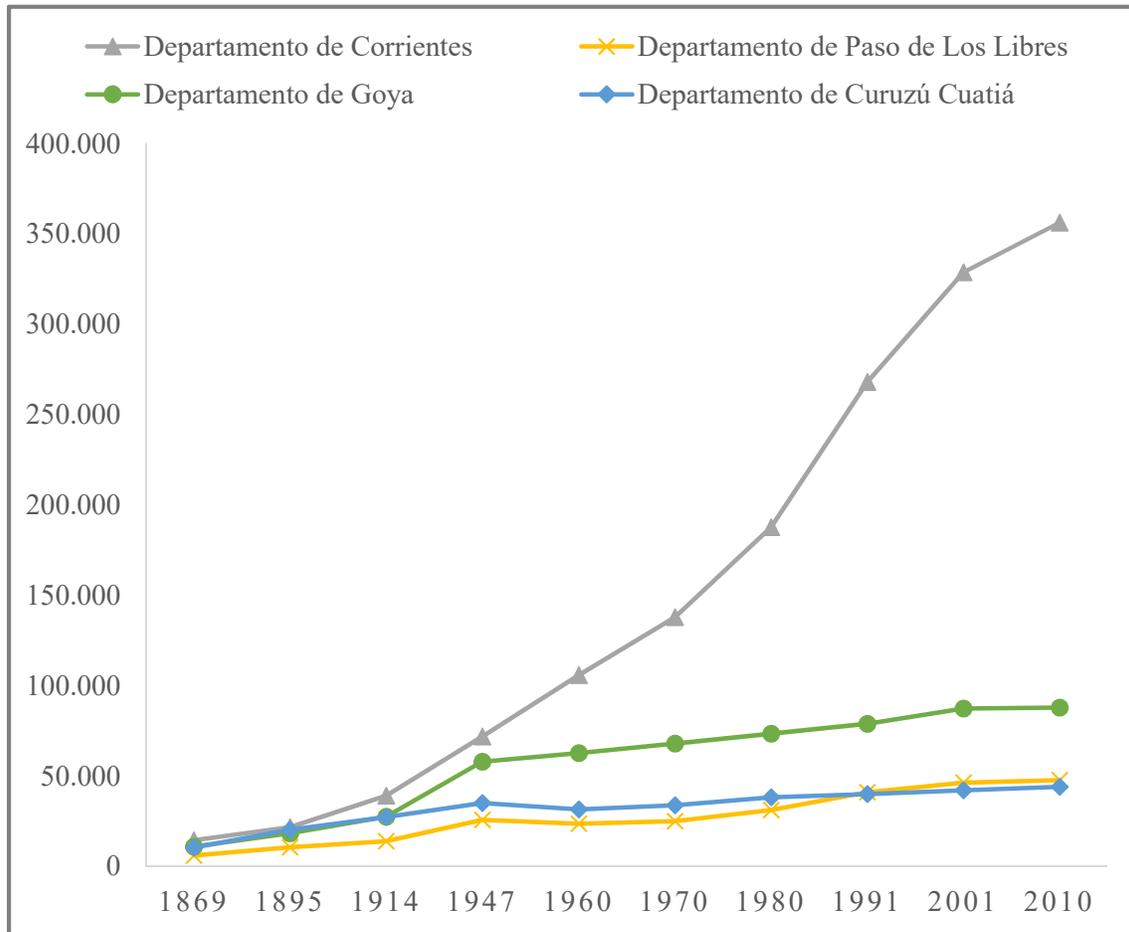
Gráfico N° 2.6. Distribución de la Población de la provincia de Corrientes por departamento. Año 2010 (Valores absolutos).



Fuente: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas - INDEC, 2010.

La diferencia (en valores absolutos) de población correntina a favor de habitar el departamento capital se manifiesta desde principios del siglo XX (Gráfico N° 2.7), aumentando la variación positiva en cada periodo censal. En particular se registró un aumento más pronunciado entre las décadas de 1980 y 1990.

Gráfico N° 2.7. Población en los departamento Capital, Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres (Provincia de Corrientes) entre los años 1869 y 2010.



Fuente: Elaboración Propia en base a Censos Nacionales de Población.

Centrando el análisis en la distribución de la población dentro de los departamentos Capital, Goya, Paso de los Libres y Curuzú Cuatiá, y sus ciudades cabeceras (espacios estos que conforman al objeto de estudio de esta investigación), en función de datos históricos y actuales (Tabla N° 2.1), se evidencia en primer lugar, y como ya se ha hecho referencia, la preferencia de la población por habitar en el departamento capital de la provincia. Respecto de la distribución de la población, en todos los años en los que se cuenta con datos registrados, en la ciudad de Corrientes se concentró más del 70% de la población del departamento capital, encontrándose un mínimo en el año 1914 y un máximo en 1970 que representó casi la totalidad de la población departamental. Para el año 2010 (último Censo Nacional de

Hogares y Viviendas realizado), el 97% de la población urbana del departamento Capital se registró como habitante de la ciudad de Corrientes.

Continuando con este análisis en los departamentos que son objeto de análisis, en los tres casos se evidencia, en general y tal como se refleja en la tabla N° 2.1, un aumento año a año de la preferencia de la población de cada departamento por habitar la ciudad cabecera del mismo. A modo comparativo con la situación experimentada en el Departamento Capital, para los casos de los Departamentos de Curuzú Cuatiá y de Goya, la población urbana de sus ciudades cabeceras superaron el 70% del total del departamento respectivo en el año 1991, para el departamento de Paso de los Libres este valor fue superado en la década del 70.

Según los registros del año 2010, para dicho año las poblaciones de cada uno de los tres departamentos analizados se concentraban en un 78% en la ciudad de Curuzú Cuatiá, 81% en la ciudad de Goya y un 96% en la ciudad de Paso de los Libres (porcentajes máximos en toda la serie histórica).

Tabla N° 2.1. Evolución de la Población en los departamentos y ciudades de Corrientes Capital, Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres entre 1869 y 2010 (valores absolutos y porcentuales).

AÑO	CAPITAL			CURUZÚ CUATIÁ			GOYA			PASO DE LOS LIBRES		
	Dpto	Ciudad	%	Dpto	Ciudad	%	Dpto	Ciudad	%	Dpto	Ciudad	%
1869	14.448	11.218	78	10.386	1.824	18	10.907	4.233	39	5.974	1.806	30
1895	21.588	16.129	75	20.269	5.107	25	18.370	5.760	31	10.640	2.611	25
1914	39.031	28.681	73	27.395	10.709	39	27.536	12.235	44	14.001	6.040	43
1947	71.856	58.544	81	35.140	15.440	44	57.984	20.804	36	25.729	11.668	45
1960	105.915	97.507	92	31.451	16.656	53	62.721	30.011	48	23.544	15.054	64
1970	137.823	136.942	99	33.748	20.636	61	68.020	39.367	58	24.996	17.341	69
1980	187.757	179.590	96	38.288	24.955	65	73.512	47.357	64	31.166	24.112	77
1991	268.080	258.103	96	39.922	28.806	72	78.894	56.840	72	41.129	38.868	95
2001	328.868	316.782	96	42.075	31.875	76	87.349	66.129	76	46.326	43.801	95
2010	356.314	346.334	97	44.071	34.470	78	87.872	71.606	81	47.782	45.805	96

Fuente: Elaboración Propia en base a censos nacionales.

2.2. ACERCA DE LOS MODELOS URBANOS Y SU EVOLUCIÓN

Los estudios urbanos, dada la complejidad de procesos que involucran, han sido abordados desde distintos enfoques. Uno de ellos se refiere a la descripción y análisis de los distintos modelos urbanos que se identificaron a partir del proceso de urbanización.

Según la Real Academia Española (RAE) un modelo es un “esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, (...) que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento”²⁴. Es una representación simplificada de un objeto real que refleja sus propiedades más importantes en función de lo que se desee estudiar sobre él, dejando de lado datos accesorios, para ser reproducida o imitada. Dada esta condición, es el investigador quien toma la decisión sobre qué variables considerar de tal manera que el modelo seleccionado sea la mejor representación posible de una situación determinada (Buzai, 2014). En particular, cuando se habla de modelos espaciales deben ser incorporados valores de localización y atributos relacionados (Plata Rocha, 2016).

En relación a la gestión del territorio, los modelos son centrales debido a la imposibilidad de manipular objetos, costos, tiempo y escalas en espacios urbanos (LaMacchia, 2014). El interés por realizar modelos y conocer las leyes que rigen las pautas de distribución espacial no solamente con la finalidad de comprender la configuración del espacio geográfico, sino también para actuar de forma aplicada en procedimientos de gestión y planificación territorial, ha sido el hilo conductor en el camino histórico transcurrido por la evolución teórica del desarrollo geográfico y la aparición de una Nueva Geografía que impacta en muchas ciencias y en gran cantidad de prácticas sociales que se interesan por incorporar la dimensión espacial (Buzai *et al.*, 2016).

Durante la primera revolución industrial (finalizada en 1840) se produjo un punto de inflexión en la evolución de la sociedad. La invención de la máquina de vapor tuvo como consecuencia el reemplazo de la mano de obra agrícola por la producción mecánica que daba mayores resultados en menores tiempos, y el uso del transporte con máquinas locomotoras (férreo, naval) a vapor en detrimento del transporte denominado de “tracción a sangre”. El impacto directo de estas novedades se vio inmediatamente en la expansión del comercio y en el crecimiento de las ciudades. A partir de ese momento, las ciudades

²⁴ Disponible en <https://dle.rae.es/?id=PTk5Wk1>

se transformaron en los principales centros de actividades, y la migración campo-ciudad el principal tributario del crecimiento poblacional urbano haciendo surgir a la clase obrera, que se localizaba en nuevos barrios situados en torno a una “ciudad central” dándole las características de continuidad y agregación.

La producción en serie por la aparición de la primera cinta transportadora, característica de la segunda revolución industrial (hasta 1914), favoreció a la división del trabajo de producción. En esta etapa la conexión entre los distintos mercados por la mejora de los transportes ya existentes y el uso de nuevos medios como el automóvil abonaron al crecimiento urbano. Tanto la mejora de los transportes como el avance de la industrialización impactaron sobre las ciudades, en particular en aquellas que se encontraban en proceso de industrialización, provocando cambios demográficos espectaculares debidos a migraciones externas e internas en búsqueda de mejores condiciones de vida, y haciendo crecer el sector terciario o de servicios de las actividades. Estas características se fueron entrelazando para conformar ciudades que en palabras de Capel (2002) “reflejan la organización económica, la organización social, las estructuras políticas, los objetivos de los grupos sociales dominantes” (p. 20).

En este contexto, surge en 1925 el **Modelo urbano de los anillos concéntricos** de Burgess, quien adaptó el modelo de localización agrícola propuesto por Von Thünen en 1826, que relacionó la distancia de los agricultores al mercado, el precio recibido por los agricultores por sus productos y el precio de la renta de la tierra (Linares, 2015). “El modelo surge a partir del estudio que merece el acelerado proceso de crecimiento que experimentan las grandes ciudades hasta 1925 y la alta correspondencia entre el tamaño de la ciudad y los cambios sociales producidos en ella, principalmente representado por el paso de predominio de una ciudad rural a urbana” (Buzai, 2014:67). Burgess consideró anillos internos a la ciudad con un CBD (Distrito Central de Negocios, del inglés *Central Business District*) como centro. Cada anillo presenta características específicas regulares luego de una etapa de expansión y estabilización del algún tipo de suelo. Durante la expansión, el autor reconoce la existencia de un proceso de “conurbación” (Fawcett, 1922, cit. en Buzai, 2014:67) en el cual un núcleo avanza sobre otro difuminando las diferencias que los caracterizaban (Buzai, 2014). Se reconoce entonces una expansión de la ciudad hacia afuera, respetando una serie de anillos concéntricos que evolucionan

“sobre su anillo contiguo exterior en un proceso denominado ‘*invasión-sucesión*’”²⁵ (Buzai, 2014:69).

Enriqueciendo el modelo de anillos concéntricos, que describe un “patrón ideal de crecimiento urbano” (Linares, 2012: 16), en 1939 Hoyt (economista) propone el **Modelo de los sectores** como resultado de “analizar desde un punto de vista empírico los valores del suelo en veinticinco ciudades de Estados Unidos” (Buzai, 2014:70). El modelo de los sectores considera a dichos sectores de usos del suelo regulados por un patrón general de renta que se vinculan a las vías de comunicación (principalmente), condiciones topográficas, elementos paisajísticos y elementos relacionales como la semejanza entre los usos de suelo en el sector. Los sectores identificados por Hoyt tienen origen en el CBD definido por Burgess y se proyectan hacia afuera favorecidos por las principales vías de comunicación.

Entre las principales críticas que reciben ambos modelos nombrados, se encuentra el hecho de ser modelos que no toman en cuenta aspectos sociales, culturales, económicos o políticos.

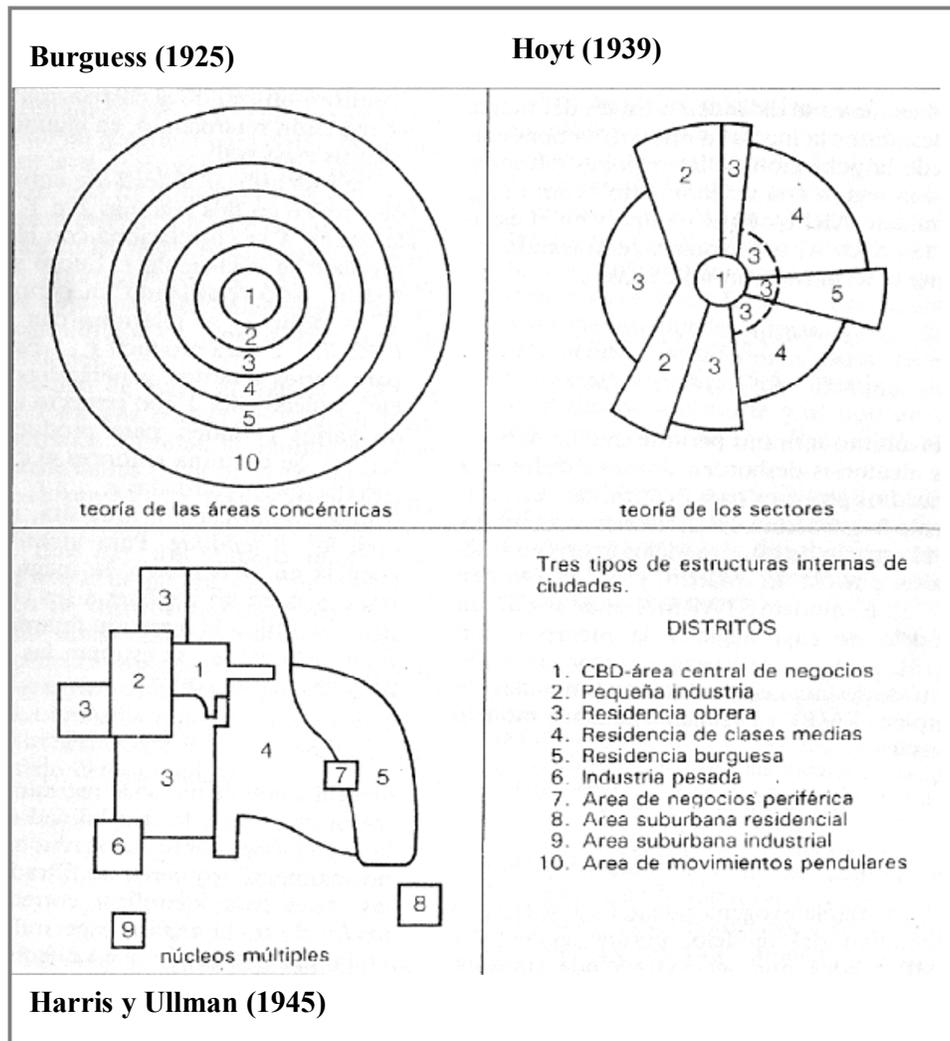
En mayor correspondencia con situaciones reales de la época de su formulación, en 1945 Harris, geógrafo estadounidense de la Universidad de Chicago, y Ullman, geógrafo estadounidense formado en las Universidades de Chicago y Harvard relacionado con la Escuela de Sociología de Chicago (López Trigal, 2010), proponen el **Modelo de los núcleos múltiples**, mostrando la complejidad en el crecimiento de las ciudades y su desarrollo alrededor de diferentes núcleos en el interior del área urbana. Este modelo establece que las ciudades contienen en su interior tres tipos de soportes urbanos combinados que representan los aspectos básicos de la naturaleza espacial de la ciudad en la región (orientados al lugar central, al transporte y a la especialización) generando características de núcleos múltiples, donde el CBD pasa a ser el centro más importante (Buzai, 2014). “Los patrones de crecimiento urbano y los cambios de usos del suelo siguen los principios generales ecológicos identificados por Burgess (1925), como son: la formación de áreas especializadas de usos del suelo; la tendencia de ciertas actividades

²⁵ La Ecología Urbana es un “enfoque influido por el Darwinismo Social que se basa en la creencia de que la conducta humana está determinada por los principios ecológicos, tales como la competencia impersonal, la selección, la invasión-sucesión, la dominación y la asimilación-segregación. (...) Este enfoque se remonta a la labor de la Escuela de Chicago de Ecología Humana de la década de 1920” (Linares, 2012:15-16).

a estar situadas próximas entre sí y otras a repelerse sistemáticamente y el sometimiento de todas las actividades al proceso de selección espacial que el precio del suelo impone. Sin embargo, los autores argumentan que este crecimiento no se centra en un solo distrito central de negocios, sino en ciertos puntos de crecimiento o “núcleos”, proponiendo así la “teoría de los núcleos múltiples. Esta teoría tiene en cuenta el hecho de que el espacio interno de las ciudades se debe tanto a las peculiaridades de sus respectivos emplazamientos como a la acción de fuerzas económicas y sociales de carácter más general. Asimismo, consideran a la historia de cada ciudad en particular como un factor importante en la configuración del desarrollo urbano” (Linares, 2012: 17-18).

En síntesis, los tres modelos expuestos se encuentran entre los más notables que responden a un enfoque desde la Ecología Urbana (esquemáticos en la figura N° 2.2) y son denominados “Modelos Clásicos de Estructura Urbana”. “Aunque los modelos clásicos de la ecología urbana establecen las primeras normas generales del crecimiento y estructuración del uso del suelo en una ciudad, ‘han tendido a formular un marco teórico notablemente positivista, determinista, mecanicista y organicista’ (Gettys, 1940:144). Por lo tanto una fracción de ecologistas urbanos de la Universidad de California, van a perfeccionar la propuesta metodológica de la escuela sociológica de Chicago fundando lo que teóricamente se conoce como el ‘análisis de áreas sociales’, marcando el comienzo de una ‘ecología social moderna’. (...) Las contribuciones más interesantes de la ‘ecología urbana moderna’ al estudio de la estructura urbana, resultan de demostrar que los tres modelos clásicos, no se excluyen uno al otro sino que se superponen complementariamente (Murdie, 1969). También, de posicionar la modelización urbana como un producto final de un razonamiento deductivo y sugerir la identificación de nuevas dimensiones de diferenciación para estudios específicos” (Linares, 2016:27-28).

Figura N° 2.2. Modelos Clásicos de Estructura Urbana de la Ecología Urbana.



Fuente: Johnston *et al.*, 1987. (Extraído de Linares, 2012: 19)

El esfuerzo por representar los principios de la estructuración urbana en las ciudades estadounidenses se prolongó hasta algunas décadas después del final de la Segunda Guerra Mundial, momento en el cual algunos autores alemanes recogieron el tema, desarrollando modelos urbanos para diferentes regiones culturales (Borsdorf, 2003). Para el caso de las **ciudades de América Latina**, su inicio colonial le imprimió características peculiares como la localización central de las clases altas, la localización comercial, la influencia de los factores naturales del sitio. Asimismo, las situaciones económicas de países con inflación y altas tasas de interés hacen necesario revisar los modelos de la estructuración espacial urbana para estos contextos (Buzai, 2014).

En este sentido, se afirma que es posible encontrar diferentes estilos en las ciudades de América Latina en los que confluyen improntas disímiles y características propias según la forma en la que el capitalismo internacional impactó en las diversas culturas (Buzai, 2014).

En 1980 Griffing y Ford afirmaron que las ciudades pequeñas cambiaron poco respecto de su organización espacial colonial, mientras que las de mayor tamaño comenzaban a adquirir el modelo norteamericano. Asimismo, analizando la suburbanización experimentada por las clases altas, consideraron que las mismas se asentaron siguiendo determinadas líneas de avance (expansión periférica por sectores, tal como lo mencionó Hoyt en 1939), tomando en cuenta la posibilidad de afrontar el costo en la expansión territorial de los servicios. De la evidencia empírica tomada de ciudades de la región, y considerando que los modelos tradicionales fueron creados para explicar realidades Norteamericanas, los autores proponen un modelo de ciudad de América Latina que conjuga elementos tradicionales de la estructura urbana y procesos modernos. Desde este punto de vista, el modelo propuesto cuenta con un CBD altamente especializado y que se configura como el punto de mayor accesibilidad y mayor *status*; un sector residencial de *elite* que se distribuye siguiendo el sentido de una “columna” de actividades comerciales (expansión del CBD); un primer anillo en torno al CBD (de “madurez”) donde se encuentran las mejores viviendas y construcciones tradicionales de la ciudad; un segundo anillo (“zona de acrecentamiento *in situ*”) considerado como espacio de transición entre las mejores y peores áreas residenciales, donde se combinan viviendas, construcciones terminadas y sin terminar, y donde la mejora de las condiciones de vida son consideradas dependientes del crecimiento de la provisión de servicios que se expanden del primer anillo; y un tercer anillo (de “asentamientos periféricos”) donde reside la población más pobre, con viviendas de menor calidad y menor provisión de servicios (Figura N° 2.3) (Buzai, 2014).

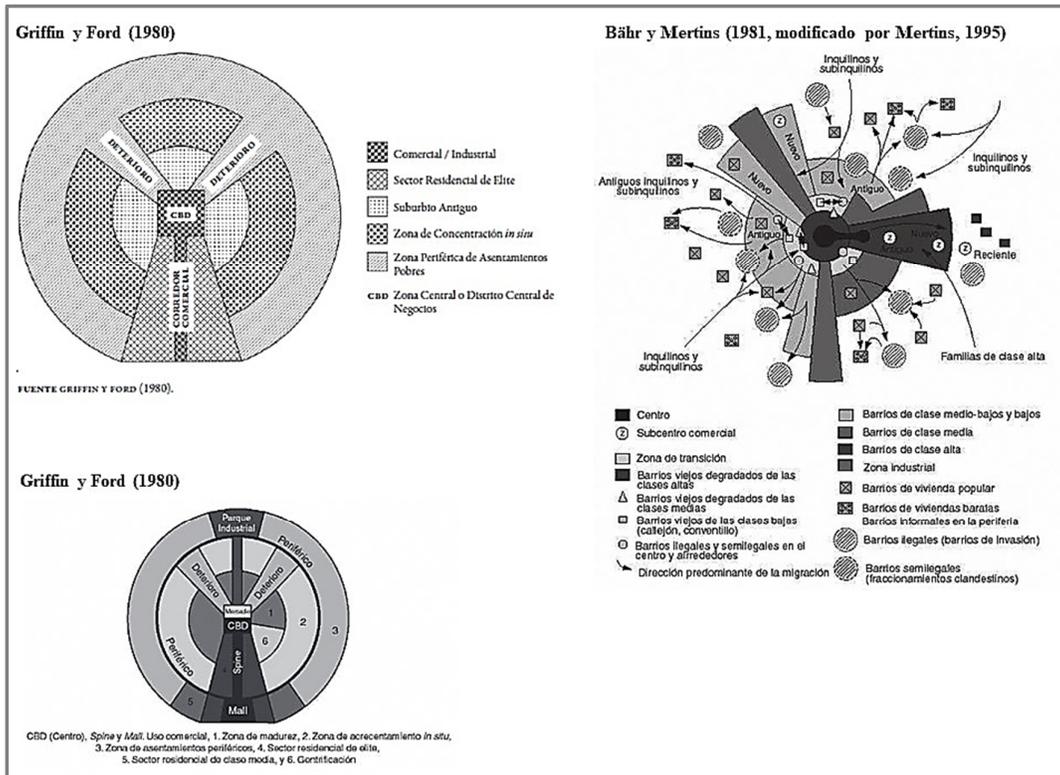
Por su parte, para las **grandes ciudades de América Latina**, Bähr y Mertins (1981, 1982, 1993) propusieron un modelo que conjugó los modelos iniciales de Bähr (1976) y Mertins (1980) (Buzai, 2014). El modelo conserva la estructura de anillos concéntricos en torno a un CBD (propios del periodo colonial), un anillo de usos mixtos y sobre el borde zonas residenciales bajas que se distribuyen en forma de manchones (que fue el resultado de la gradual migración de clases altas, seguidas luego por la clase media y media-alta, quienes comenzaron a abandonar los distritos que rodean a la plaza central, para relocalizarse en

áreas más alejadas del centro). El modelo agrega además el corrimiento por ejes de las zonas residenciales en las ciudades de mayor crecimiento y toma en cuenta por un lado la suburbanización de grupos sociales altos, que provoca movimientos de desconcentración demográfica hacia la periferia (López Trigal, 2010); y por otro, las líneas industriales que concentran población de bajos recursos (es el resultado de la creciente industrialización, de esta manera se establecieron grandes complejos industriales a lo largo de ciertos ejes de crecimiento, con distritos de clase baja que surgían en sus inmediaciones y junto a las vías del ferrocarril y a las grandes carreteras). Los sectores periféricos se caracterizan por la presencia de barrio informales, “ilegales o semilegales” (Buzai, 2014:86), consolidados o en diferentes etapas de consolidación, y de viviendas producto de proyectos gubernamentales, y en menor medida, áreas residenciales de clase alta²⁶. El modelo de la gran ciudad latinoamericana propuesto por Bähr y Mertins sufrió modificaciones por parte de Mertins en 1995 quien “incluye en el esquema los barrios residenciales cerrados para poblaciones de alto nivel económico y asociados a ellos, la localización de los *shopping centers* como nuevas centralidades” (Buzai, 2014:86), y la representación de los desplazamientos de las personas que llegan desde diversos lugares (inmigración) mediante flechas que indican sus direcciones predominantes, y otras flechas con origen y destino dentro de la misma ciudad (Figura N° 2.3).

En 1996, considerando que los modelos simples sirven de punto de partida para el análisis pero que posteriormente deben ser ajustados y complejizados dependiendo del contexto cambiante de cada ciudad, Ford modifica su modelo original para América Latina tomando en cuenta los aportes de Bähr y Mertins. De esta forma modifica el centro dividiéndolo en CBD y mercado (de comercio tradicional), e incorpora un centro comercial periférico al final de la columna comercial, un espacio periférico destinado a la industria a gran escala, una ruta rápida de circunvalación que vincula las nuevas centralidades externas, un sector residencial de clase media en el anillo exterior limítrofe al de *elite* y otro de renovación urbana localizado entre el CBD, el área de madurez y la localización residencial de las clases altas.

²⁶ Disponible en <https://slideplayer.es/slide/8901675/>

Figura N° 2.3. Modelos de la Ciudad Latinoamericana entre 1980 y 2000.



Fuente: Buzai, 2014.

Por su parte, Borsdorf (1982) avanza en el estudio histórico presentando una serie de configuraciones para la ciudad latinoamericana que va desde mediados del siglo XIX hasta fines del siglo XX. (Buzai, 2014). “Para el caso de las grandes ciudades de América Latina se ha demostrado que estos patrones aparecen, en el orden presentado, como resultado de diferentes etapas de evolución” (Borsdorf, 2003, cit. en Marcos, 2015:196). Borsdorf *et al.* (2002, cit. en Borsdorf, 2003) proponen el modelo de desarrollo estructural de la ciudad latinoamericana que se caracteriza en la época colonial (primer periodo considerado entre 1550 y 1820) por la compacidad de la ciudad y su estructura circular en torno a la plaza mayor que se configuraba como el centro de la ciudad y de su estructura vial y como el núcleo de la vida social, con una fuerte centralización y la disminución de la clase social conforme aumenta la distancia al centro de la ciudad. El desarrollo de la ciudad en este periodo era lento debido al crecimiento natural de la población y “(...) en base a esta estructura, y por muchos años, las ciudades crecieron lentamente contenidas por la cuadrícula fundacional” (Terraza, Rubio Blanco y Vera, 2016: 28).

En un segundo periodo (entre 1820 y 1920), denominado “primera fase de urbanización”, adquieren protagonismo las estructuras lineales: la clase alta se localiza en torno al Boulevard principal y las industrias cerca de las vías del ferrocarril. Surgen además los primeros barrios obreros (como conventillos o vecindades) en casas abandonadas por la clase alta, y el otrora centro de la ciudad (de la época colonial) se convierte en un centro comercial. En este periodo el desarrollo de la ciudad obedece al crecimiento de la población debido a la creciente inmigración europea.

Entre 1920 y 1970 ocurre una “segunda fase de urbanización” en la cual contrastan la presencia de barrios marginales y barrios altos (e intensifica el contraste entre una ciudad rica y una ciudad pobre). Los primeros se expanden en el centro de la ciudad y al poco tiempo nacen barrios marginales periféricos o villas miserias. La clase alta se aleja del centro de la ciudad, nacen los primeros centros comerciales y en torno a ellos los primeros barrios de lujo, las primeras urbanizaciones cerradas con calles amplias y espacios verdes extensos. El desarrollo de la ciudad en este periodo responde principalmente al crecimiento de la población urbana a través de flujos migratorios internos con personas que inicialmente se dirigieron a los conventillos centrales para luego trasladarse a los barrios marginales periféricos, la industrialización, y la influencia del estado en la economía y la planificación. En síntesis se profundiza la polarización.

A partir 1970 y hasta la actualidad, se propone a la ciudad latinoamericana como una caracterizada por la privatización y la fragmentación socioespacial²⁷. Aparecen barreras físicas, ocurre la localización libre de zonas industriales en toda la ciudad, barrios cerrados en los bordes y la periferia, consolidación de barrios marginales antiguos, demanda y consumo constante del espacio, formación de estructuras celulares como barrios marginales y viviendas sociales, el consumo en el centro urbano perdió importancia a favor de los *shopping centers* y *malls* que se distribuyen en todo el perímetro urbano. Todo lo mencionado se ve favorecido por la retirada del estado (menor capacidad de gestión y control urbano), la privatización y la desregularización que dieron a los inversores, planificadores y ciudadanos mayores libertades. En consecuencia se genera aislamiento y se crean estructuras insulares: complejos habitacionales vigilados cada vez más grandes en cercanías a vías de circulación principales y cerca de ellos escuelas y universidades privadas (islas residenciales de riqueza con mayor tranquilidad y

²⁷ El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana (Janoschka, 2002, cit. en Borsdorf, 2003).

seguridad), descentralización en cuanto a la distribución de centros comerciales y de esparcimiento y entretenimiento (islas de producción y consumo), aislamiento de barrios de clase baja (islas de decadencia y precariedad), aislamiento de barrios de clases media baja (por miedo a barrios marginales). Nuevas centralidades se manifiestan por fuera del área tradicional de la ciudad. En este último periodo, el crecimiento de la población se ve estancado en las ciudades de mayor tamaño, dando paso al **crecimiento de las ciudades de tamaño intermedio** (Borsdorf, 2003).

En síntesis, la siguiente figura describe la evolución histórica de los modelos de ciudad latinoamericana y las características más distintivas de los mismos.

Figura N° 2.4. Modelos de las Grandes Ciudades Latinoamericanas.



Fuente: Elaboración Propia

2.3. ACERCA DE LAS CIUDADES INTERMEDIAS: CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES

Como se dijo previamente, la población ha tendido a concentrarse en ciudades denominadas “millonarias” (ciudades que albergan a más de un millón de habitantes) y aún más en “megaciudades” (ciudades que superan los 8 millones de habitantes). El número de estas últimas se ha incrementado considerablemente pasando de ser tan solo 2 en el año 1950 a 21 en 1996 y previéndose unas 30 para las primeras décadas del siglo XXI (Bellet y Llop, 1999). Si por un lado las grandes ciudades se presentan como escenarios de interacción para diversidad de empresas de múltiples rubros, donde es posible sortear “las deseconomías derivadas de los posibles mayores costes de emplazamiento u otros problemas derivados de la aglomeración, tales como la congestión” (Usach y Garrido, 2009:05), por otro, una de las características del proceso de urbanización en el mundo ha sido la polarización, que en términos de Bellet (2000) impide el equilibrio en el territorio y la estabilidad del sistema de asentamientos. Las problemáticas que se desprenden de esta característica se deben al ritmo y crecimiento desmedido y localizado en las ciudades (congestión, ingobernabilidad, problemas ambientales, sociales, económicos, culturales, etc.) y se ven agravadas por la localización de las mismas ya que gran parte del crecimiento poblacional se registra en las regiones más pobres del mundo (Precedo Ledo, 2004). La preferencia por las ciudades de mayor tamaño, y el hecho de que la dinámica del crecimiento se haya dado de forma desordenada dieron como consecuencia altos grados de congestión, contaminación y un crecimiento generalizado en los centros urbanos que compromete la eficacia de la inversión en infraestructura, transporte y servicios urbanos y sociales, además de informalidad, pobreza, desigualdad, criminalidad (Jefatura de Ministros. Presidencia de la Nación, 2018), segregación socioespacial (Linares, 2012), entre otras consecuencias negativas.

Sin embargo como también se ha dicho, a partir de la década de 1970 las ciudades intermedias o medias han crecido a un ritmo mayor. Estas últimas tienen la particularidad de mantener un vínculo estrecho con las áreas rurales (neoruralidad) y de ofrecer oportunidades de educación y de trabajo a la población que las elige, posibilidad que las grandes ciudades ya no son capaces de brindar (Manzano y Velazquez, 2015:260).

Las ciudades intermedias albergan a la mayor parte de la población urbana del mundo (a fines del siglo XX, el 56% de la población urbana mundial vivía en ciudades medias e

intermedias (Bellet y Llop, 1999) y son las ciudades que más crecen en población a nivel mundial y a mayor velocidad²⁸.

Para el año 2016, 58,84% de la población urbana mundial (2.320 millones de habitantes) residía en ciudades de menos de un millón de habitantes. De esta cifra, 347 millones de personas (casi el 15%) habitan en ciudades de entre 50.0000 y 100.000 habitantes (CGLU, 2014). Las altas tasas de crecimiento poblacional de las ciudades intermedias han provocado fuertes presiones sobre la disponibilidad de suelo, la extensión de las infraestructuras y la provisión de servicios (Tella y Potocko, 2018).

En otras palabras, actualmente el crecimiento y la expansión urbana no son propias de las grandes ciudades, metrópolis o megaciudades, es un fenómeno que desde finales del siglo pasado se ha trasladado a las ciudades intermedias, cuya definición no se acota en 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 (Bellet y Llop, 1999). Las “ciudades intermedias” constituyen nodos de la red territorial que configuran el sistema urbano mundial, hoy en día fuertemente dirigido por la dinámica de la globalización económica. En una red territorial consolidada, 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 (Bellet y Llop, 1999).

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, detener el crecimiento incontrolado en las grandes aglomeraciones urbanas, 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. “Estas ciudades tienen la oportunidad de crecer de una manera más sustentable y no repetir los errores de las grandes ciudades y en definitiva

²⁸Disponible en: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2017/07/24/ciudades-intermedias-y-la-resolucion-del-dilema-pluricomunal/>

son los mejores escenarios para poner en práctica el lema ‘pensar global y actuar local’ que propone el desarrollo sustentable” (Henríquez Ruíz, 2014:64).

La definición de ciudad intermedia puede darse desde dos puntos de vista. Cuantitativamente, varía según el país o la región de la que se esté tratando. Así, “la Unión Europea considera a una ciudad intermedia como aquella que tiene entre los 20.000 y los 500.000 habitantes, el Banco Mundial llega al millón, en el contexto norteamericano el rango suele situarse entre los 200.000 y 500.000 habitantes, en Pakistán entre los 25.000 y los 100.000, en Argentina entre los 50.000 y el 1.000.000 habitantes” (Bellet, 2000:04), se puede agregar el requisito de no ser capital nacional que configure un área metropolitana grande en su región geográfica (Bellet y Llop, 1999). La diversidad de rangos entre los que se puede encontrar una ciudad intermedia, es una de las razones por la que son pocos los estudios a escala internacional o regional desarrollados sobre ellas (Bellet, 2000).

Cabe mencionar que la denominación de *ciudad intermedio* implica dimensiones no consideradas con el nombre *ciudad media*³⁰ que tomaba en cuenta principalmente la dimensión y extensión de la ciudad y su cantidad de habitantes para su definición. Al considerar el adjetivo intermedio se da valor a la relación de la ciudad con su entorno y su capacidad de tejer una red a diferentes niveles (regional, nacional e incluso internacional), se posibilita su autoafirmación y se refuerza la ciudad-región (Bellet y Llop, 2004). Estos argumentos son utilizados en el “Documento Marco Ciudades y Gobiernos Locales Unidos para Ciudades intermedias” que sostiene el proceso que se apoya en el paso “de la idea de la ciudad aislada, a la ciudad en red” (CGLU, 2014:09).

En esta dirección, con un punto de vista cualitativo, tal vez el más importante, se hace referencia a una ciudad intermedia en función de su rol en el territorio (Bellet, 2000). Se presentan como mediadoras en los flujos (de bienes, información, innovación, administración, etc.) entre territorios urbanos y rurales de su área de influencia y otros centros más o menos alejados. Cumplen funciones de intermediación entre espacios de distintas escalas (local/territorial, regional/nacional/global) (Bellet y Llop, 2004). Mertins

³⁰ “El significado del término ‘ciudad mediana o de tamaño medio’ hace referencia exclusiva al tamaño demográfico de la ciudad (CGLU, 2014:08).

(2000, cit. en Henríquez Ruiz, 2014) resume los siguientes “criterios para definir las características más importantes de la ciudad intermedia”:

- ✓ tasas de crecimiento poblacional y de expansión espacial menores a las grandes ciudades;
- ✓ tamaño del *hinterland* y velocidad de crecimiento poblacional y económica;
- ✓ tamaño y diversidad de funciones como centro de servicios;
- ✓ rango e importancia dentro de la red vial regional e interregional;
- ✓ rango/función dentro del sistema regional e interregional de ciudades;
- ✓ diferenciación/especialización en las funciones regionales e interregionales.

Teniendo en cuenta a López Trigal (2010), una ciudad intermedia además de las características más “estáticas” ya mencionadas y sus funciones, cumple un rol de equilibrio en un sistema de ciudades para hacer frente a procesos de metropolización, o para enfrentar un vacío de ciudades o una falta de una adecuada dimensión de éstas.

Entre sus características en una escala local/regional una ciudad intermedia se destaca porque:

- ✓ sirve de bienes y servicios a municipios localizados dentro de su área de influencia;
- ✓ son puntos de referencia y acceso a otros niveles de la red local, regional, nacional y en algunos casos internacionales;
- ✓ vinculan la dimensión urbana y la dimensión rural asumiendo una postura intermediaria que incluye al territorio global fomentando oportunidades innovadoras (CGLU, 2014);
- ✓ promueven la descentralización administrativa y gubernamental, logrando mayor cercanía a la ciudadanía;
- ✓ dada su escala, contribuyen a mantener relaciones más equilibradas con el territorio (Bellet, 2004);
- ✓ son centros más fácilmente gobernables, gestionables y controlables (Bellet, 2004);
- ✓ son centros sociales y sus habitantes pueden sentirse más identificados con ella ya que la conformación de la identidad se configura en el intercambio de relaciones

sociales, y en aquellas, se produce una endogamia social (Bellet y Llop, 1999) debido a la poca diversidad social y cultural que presenta;

- ✓ se presentan como una alternativa que podría contrarrestar las problemáticas de la pobreza, violencia, ambiente, gobernabilidad, gestión y control, que generalmente afectan a las grandes ciudades.

De acuerdo con Llop (2009) que son ciudades que están muy relacionadas y son conscientes de estar en la red amplia de otras ciudades y de sus territorios: las define su función, su posición y su doble capacidad de ser medio y de estar en medio. Aunque no es la talla lo que las define, su tamaño físico o la cantidad de habitantes viene asociado a su función; y su tamaño depende de cada una de las regiones geográficas del mundo.

Respecto de su crecimiento, las ciudades intermedias aumentan relativamente más en superficie que en población, prevaleciendo los modelos de viviendas unifamiliares y los patrones urbanísticos de loteo extenso (CGLU, 2014).

En cuanto a sus desventajas, las ciudades intermedias:

- ✗ presentan menor competitividad económica en relación a las grandes ciudades;
- ✗ tienen mayor dificultad de acceso a los principales flujos de información y capital;
- ✗ son más vulnerables económicamente cuando son dependientes de un solo sector económico;
- ✗ tienen menor diversidad social y cultural y pueden presentar debilidad en sus recursos humanos;
- ✗ son vulnerables a los problemas ambientales (aunque no sufren los problemas ambientales de las grandes ciudades, su acelerado crecimiento las hace potencialmente víctimas de ello, con el agravante de que no cuentan con los recursos económicos necesarios para poder enfrentarlos) (Henríquez Ruiz, 2014);
- ✗ “a pesar de su fundamental rol en el proceso de urbanización mundial, las ciudades intermedias han estado durante mucho tiempo apartadas del intercambio de conocimiento. Se cuenta con pocas investigaciones y publicaciones con un énfasis específico, además de acceso limitado a espacios de intercambio y creación de conocimiento basado en la experiencia, sobre todo en temas de planificación estratégica” (CGLU, 2014:42).

2.3.1. CIUDADES INTERMEDIAS EN ARGENTINA

En Argentina, en los últimos tiempos el peso del Gran Buenos Aires ha venido reduciéndose respecto del resto de los asentamientos urbanos, incluidas las ciudades denominadas intermedias. Estas últimas han sido las que mayor incremento de población han tenido (Usach y Garrido, 2009), mostrando un “fuerte dinamismo y crecimiento gracias al aumento del valor de los productos de exportación y a sus conexiones directas con la red de turismo internacional” (Usach y Garrido, 2009:12), y se espera que este comportamiento continúe. Esta afirmación se apoya en las tendencias de los últimos 15 años en relación al aumento de la urbanización en las mismas, al declive del fenómeno de preferencia que se da en toda América Latina por las ciudades de gran tamaño (CAF Banco de Desarrollo de América Latina, 2017) y a la implementación de futuras políticas públicas relacionadas al incentivo del empleo privado y la revitalización de las economías regionales, que darán un impulso a estas ciudades (Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018).

En Argentina, las ciudades que más crecieron en las últimas décadas son las intermedias. Al respecto, el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2011a), expone que hasta el 2001 se presentaron bajos crecimientos urbanos en las ciudades grandes de la región pampena; crecimientos urbanos intermedios en las ciudades intermedias de dicha región y en las grandes ciudades localizadas fuera de la misma; y altos crecimientos urbanos en las ciudades intermedias de las regiones Nordeste, Noroeste y Patagonia.

“En el año 2010, 114 asentamientos humanos registraron población comprendida entre los umbrales de definición de ciudad intermedia argentina, lo que representa un 10,5% del total de ciudades de más de 2000 habitantes que se censaron en ese año; asimismo la mitad de ese conjunto de urbes registró entre 50.000 y 100.000 habitantes, es decir que la red de ciudades intermedias de nuestro país es lo suficientemente densa como para articular actividades económicas y financieras entre provincias o regiones del país pero no lo suficientemente fuerte como para sustituir la centralidad ejercida por la Área Metropolitana Buenos Aires (AMBA). Estos centros han crecido, desde los años '90, a un ritmo más acelerado que las grandes metrópolis y precisamente por esta característica de “intermedias”, no reciben aún la debida atención de las autoridades nacionales, regionales o jurisdiccionales ya que no tienen la importancia demográfica, política,

financiera, económica y técnica como lo tienen las grandes ciudades y es por ello que carecen de una planificación urbana adecuada” (Gómez y Ramírez, 2019:126). En esta línea, Tella (2016) observa que dado el desequilibrio territorial existente, las 273 ciudades intermedias argentinas, donde vive el 32% de la población del país, pierden visibilidad aún siendo muchas más que las aglomeraciones clasificadas como grandes ciudades que reúnen aproximadamente al 50% de la población del país.

“En un reciente trabajo referido a la expansión de los grandes aglomerados urbanos argentinos (GAUs), se estudiaron treinta y tres de ellos y se concluyó que, exceptuando el AMBA que está urbanizado prácticamente en su totalidad, entre 2003 y 2016 las ciudades argentinas crecieron en promedio el doble en territorio que en habitantes, con picos de hasta seis veces (Lanfranchi *et al.* 2018), esta circunstancia identificada en la mayoría de las capitales provinciales no es diferente en ciudades del interior de las provincias que actúan como centros regionales” (Gomez y Ramírez, 2019:126).

En los últimos años se han analizado un número interesante de ciudades de la región (*Cfr.* Ramírez y Pértile 2017; Ramírez y Pértile, 2015; Ramírez y Pértile 2013a; Ramírez y Pértile 2013b) en las que se detectó el sostenimiento y avance de ciudades con bajas densidades fortaleciendo el modelo de ciudad difusa, motorizado por el fuerte empuje del mercado inmobiliario que ejerce presión sobre el territorio y los recursos naturales. De este modo hay un continuo crecimiento y consumo del suelo urbano que no se apoya en un incremento demográfico acorde con ese ascenso; los planes de vivienda social llevados a cabo por el estado así como las políticas públicas que impulsan programas que permiten acceder a la vivienda particular, con preferencia por las residencias unifamiliares, definen modelos de ciudad con predominio de bajas densidades. La preferencia por este tipo de residencia, que caracteriza el modelo difuso de ciudad, conlleva consecuencias o costos de tipo social, ambiental y económico que han sido muy bien recogidos por Magrinyà y Herce en su trabajo “Los costes ambientales de la ciudad de baja densidad” (*Cfr.* Magrinyà y Herce, 2007). En palabras de Henríquez Ruiz (2014), “la expansión física de las ciudades se realiza a expensas de cubrir con usos del suelo urbano superficies agrícolas, forestales o naturales, con lo cual se degradan las bases de recursos naturales que sustentan la ciudad y los servicios ambientales y ecológicos que este tipo de coberturas le prestan: control de las temperaturas y del escurrimiento de las aguas, protección de la biodiversidad, reciclaje y retención de contaminantes, etc.” (Henríquez Ruiz, 2014:63).

Tella (2016) suma a los mencionados costos, las siguientes problemáticas críticas recurrentes de este tipo de ciudades: acceso desigual a infraestructuras; dificultad de acceso a viviendas adecuadas y a equipamientos básicos; aumento de procesos de fragmentación social; aumento de procesos de egregación residencial; creciente demanda de vivienda colectiva para diferentes sectores sociales; conflictos entre usos, falta de planificación y marcos normativos obsoletos; conflictos de tránsito vehicular, superposición de modos y ausencia de vías de comunicación; disposición final de residuos sólidos urbanos con escasa tecnificación; entre otros.

Otro antecedente interesante de mencionar es el estudio realizado sobre ciudades intermedias Argentinas³¹ publicado en el Plan Estratégico Territorial Avance II: Argentina Urbana (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2011a). En el mismo se determinaron las superficies, población y densidades poblacionales de dichas ciudades en tres momentos, se determinó el avance de la mancha urbana y se concluyó, entre otras cuestiones, que existe una tendencia a la disminución de la densidad poblacional en las ciudades de este tipo; “la expansión urbana se produce dejando grandes vacíos intersticiales” (p.77), “los barrios de vivienda social ocupan altos porcentajes de suelo con tejidos de baja densidad” (p. 78), “los loteos de baja densidad desarrollados por actores privados dentro del mercado formal representan la superficie predominante de la expansión de la mancha urbana” (p.79), “el generalizado patrón de expansión de baja densidad de las ciudades argentinas implica necesariamente el avance del frente construido sobre suelos productivos y/o potencialmente (...) El borde periurbano de las ciudades grandes e intermedias está constituido por una franja de espesor variable, limitada por los tejidos ya urbanizados y las áreas rurales en producción, en la que el valor del suelo –por su proximidad al área urbanizada– es muy alto. La expectativa de mayor rentabilidad sobre esos suelos trae como consecuencia que se abandone su explotación rural y que, por ello, queden vacantes a la espera de su transformación en suelo urbano” (p.87), “las áreas sin consolidar se caracterizan porque en ellas no se ha completado el proceso de urbanización, suponen tanto barrios periféricos en las ciudades intermedias como en las pequeñas localidades aglomeradas que forman parte de los grandes centros urbanos. La producción de suelo urbano ha estado en gran

³¹ El estudio se realizó sobre las ciudades/aglomerados urbanos: Gran San Martín de Tucumán (Tucumán), Neuquén-Plottier-Cipoletti (Río Negro/Neuquén), Gran Posadas-Candelaria (Misiones), La Rioja (La Rioja), Trelew-Rawson (Chubut), San Carlos de Bariloche (Río Negro), Presidencia Roque Saenz Peña (Chaco), Venado Tuerto (Santa Fé) y General Pico (La Pampa).

medida en manos de agentes inmobiliarios que compran suelo rural y lo subdividen para venderlo como parcelas urbanas, con valores que multiplican varias veces el costo inicial de la tierra, pero sin efectuar las inversiones necesarias para alcanzar estándares de urbanización aceptables. Un rasgo central de estas áreas es, por tanto, el déficit de infraestructura básica (...) Un débil marco regulatorio, un ordenamiento del territorio sin instrumentos de control y una oferta casi inexistente de alternativas financieras para que los sectores populares puedan comprar un lote correctamente urbanizado se han conjugado para que las ciudades hayan crecido sin consolidarse, lo cual prolonga en el tiempo el acceso de la población a estos servicios. El proceso de consolidación puede durar varias décadas, durante las cuales los residentes sufren las consecuencias de vivir en condiciones de precariedad” (p.86)

Por otro lado, se proyectó para el año 2020 una alta demanda de suelo que “representa una fuerte presión sobre el periurbano de las ciudades con consecuencias de diferente tipo, según el ecosistema en el que están insertas (...) También representaría un fuerte impacto respecto a la estructura urbana de ciudades que aún mantienen un tejido urbano relativamente compacto y preservan la identidad característica de su patrimonio construido, pero que estarían cercanas a un eventual punto de inflexión en la forma de crecimiento” (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2011a: 69).

Es necesario en consecuencia implementar políticas de descentralización, aprovechando el mayor crecimiento relativo de las ciudades intermedias observado en el último medio siglo respecto de las grandes ciudades (y su escala intermedia que debiera ser considerada estratégica) para conseguir ciudades que sean el punto de apoyo para lograr el equilibrio regional; dotarlas de equipamiento urbano (sanitario, educativo, cultural, habitacional, etc.); definir políticas nacionales y locales de planeamiento regional y urbano; repensar el territorio en términos de equidad y de inclusión; dotar a las ciudades de redes de infraestructura y de equipamientos; impulsar estrategias de densificación conducida en áreas servidas y equipadas; actualizar los marcos normativos locales de regulación edilicia y urbanística; transformar los viejos catastros físicos en sistemas digitales multifinalitarios; capacitar a los equipos técnicos locales en el manejo de nuevas herramientas (Tella, 2016).

2.4. EL FENÓMENO DE LA EXPANSIÓN URBANA Y LA IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACIÓN.

Si bien en nuestra investigación nos centraremos en las ciudades intermedias, cualesquiera sean las categorías o tipologías en el crecimiento de las mismas se pueden reconocer distintas etapas. “La primera de ellas tiene que ver con la expansión: la ciudad crece transformando el suelo rural en urbano. La segunda es la de la consolidación, donde se ocupan algunos lotes, se abren algunas calles, se construyen las viviendas, se tienden las redes. Y la tercera etapa es posible identificarla con la de la densificación: las áreas consolidadas comienzan a crecer en altura. Estas etapas conviven de manera simultánea en la ciudad: mientras que en un extremo crece, en otro se consolida y en el centro se densifica” (Tella, 2010).

Al hablar de expansión urbana, se hace referencia al aumento y crecimiento del área urbanizada y de la población de una ciudad en el territorio (Chavoya Gama *et al.*, 2009). Existen diversos factores que favorecen la expansión urbana (Aguilera *et al.*, 2008, cit. en Gomez Delgado y Rodriguez Espinoza, 2012) como la mejora de los medios de transporte, el avance del desarrollo del sector inmobiliario y la intervención del sector público. En primer lugar, respecto de la mejora de los medios de transporte, el acceso al automóvil permite el desarrollo de la ciudad en todas las direcciones (no solo en la dirección marcada por las vías férreas existentes), accediendo la población de este modo a áreas menos congestionadas, cuyo valor de suelo es menor, con posibilidad de extender los servicios básicos dada la distancia no tan alta y espacios de mayores tamaños dada la menor densidad poblacional.

En segundo lugar, el desarrollo del sector inmobiliario, en búsqueda de espacios libres y continuos a bajos costos, hizo foco en los sectores periurbanos que dieron continuidad a la ciudad a costa de la absorción paulatina de los espacios rurales (Ávila Sánchez, 2009). Y finalmente, respecto de la intervención del sector público, ha provisto de un “marco de actuación urbanística de los distintos agentes que intervienen en la construcción de la ciudad (vivienda, transporte, etc) o en la delimitación del planeamiento urbano, la intervención pública ha ido progresivamente en aumento con el paso del tiempo (...). Actualmente, los planes de ordenación urbana regulan la estructura y zonificación de los usos del suelo dominante en la ciudad (residencia, industria, comercio, etc.), así como los

viarios fundamentales y la localización de las principales dotaciones urbanísticas” (Azcárate Luxán *et al.*, 2012:09)

En determinados casos, el efecto de la expansión urbana y el consecuente cambio de uso del suelo, es decir, cuando espacios utilizados para actividades de índole rural pasan a emplearse en actividades relacionadas con las actividades de la ciudad (Ramírez y Pértile, 2013a), ha sido el desborde de los límites administrativos que otrora tenía la misma. En ciertos casos, la ciudad avanza incluso absorbiendo municipios cercanos y otros núcleos urbanos en un proceso de conurbación, resultado regiones metropolitanas (ONU Habitat, 2012). En palabras de Bottino Bernardi (2009:02), “las ciudades son aglomeraciones que abarcan extensiones considerables que sobrepasan sus límites, que fueron demarcados históricamente por una decisión política pasada. Hoy una gran ciudad se expande más allá de su área administrativa original, llegando a los espacios de otras ciudades, conformando un gran área metropolitana, que escapa a la administración de la misma, con problemas como recaudación de impuestos, infraestructura y mantenimiento, por lo que definir una ciudad por su administración se hace prácticamente imposible”. Según López Trigal (2010:159), “este tipo de dinámica se encuentra implícita en el mismo concepto de ciudad y urbanización actual, asociada al fenómeno de revolución de los transportes y de las relaciones económicas y sociales de la sociedad”.

Como se ha dicho, el crecimiento de la población implica el crecimiento de la ciudad “pero la forma en que este ocurre puede hacer grandes diferencias en el tipo de urbe que resulte, con fuertes implicancias en términos de eficiencia, costos de transporte, calidad del espacio público y, en resumidas cuentas, calidad de vida para sus habitantes” (Hurtubia y Cox, 2017, parr.2). El crecimiento de la ciudad se asocia a la revolución de los transportes y de las relaciones sociales y económicas de la sociedad. Puede tratarse de una remodelación del su espacio interno, aumentando la densidad poblacional al dedicar espacios antes destinados a industrias o servicios, a residencias o equipamientos colectivo; o de un proceso de edificación avanzando sobre el espacio periurbano, generando nuevas formas y tipologías de espacios urbanos, suburbanización de áreas periféricas y profundizando el cambio en los usos de suelo (López Trigal, 2010).

“Muchas de las problemáticas que afectan a las ciudades se derivan parcialmente de una falta de planificación estratégica integral. La ordenación del territorio se enriquece si se articula mediante una visión de futuro que sea sistémica y esté legitimada colectivamente”

(ONU-Hábitat, 2017a, párr.2). Diariamente muchas personas se ven afectadas por condiciones precarias de habitabilidad, contaminación, falta de accesibilidad ausencia de transporte público adecuado, falta de áreas verdes y recreativas, suministro de agua, entre otros problemas que justifican la necesidad de planificar una ciudad (Acosta, 2013), para evitar las consecuencias negativas sobre el medioambiente y la cualidad y calidad de los recursos naturales, a de las presiones generadas por las actividades antrópicas (Henríquez Ruiz, 2014). “Es interesante focalizar la investigación en la dimensión espaciotemporal de las transformaciones de los usos y coberturas del suelo, puesto que la Geografía y las ciencias ambientales reconocen que el territorio constituye una estructura funcional en términos ecológicos y sociales, y dado que además los instrumentos de planificación y gestión poseen una naturaleza esencialmente espacial” (Henríquez Ruiz, 2014:39).

En otras palabras, la expansión urbana sin planificación influye directamente sobre el ambiente y la calidad de vida de sus ciudadanos, encarece la provisión de servicios urbanos básicos, se desarrolla sobre espacios destinados a la producción de alimentos, recarga de acuíferos, retención de excesos hídricos, obliga al estado a dotar de infraestructura vial de mayor longitud y ampliar la red de transporte público. Asimismo, no se aprovechan espacios al interior de la mancha urbana, dejando grandes espacios vacíos, lo que alimenta el crecimiento urbano discontinuo. (Ministerio de Planificación, Inversión Pública y Servicios, 2016). En esta línea, la falta de planeación del crecimiento produce efectos desastrosos en la ciudad: falta y/o desorganización del transporte colectivo en distintas áreas de las ciudades, en general las de urbanización reciente; servicios públicos insuficientes e ineficientes (ausencia de infraestructura de agua, recolección de basura desigual en el territorio, etc.); equipamientos urbanos ausentes; invasión de terrenos y áreas naturales; pérdida de identidad e integración social; paisajes urbanos poco alentadores; etc. (Chavoya Gama, *et al.*, 2009).

La planificación del espacio urbano debe ser tal que favorezca el desarrollo sostenible³³, definido como aquel que “satisface las necesidades de la generación presente, sin

³³ En relación al uso de los vocablos sostenible o sustentable, López Ricalde (2005) señala que se trata de un “tecnicismo” en un contexto muy definido, y explica que, apoyados en un punto de vista lingüístico, sostenible refiere a la acción de sostener, evitar que algo caiga; mientras que sustentable, apoyados en el DRAE (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española) refiere a mantener firme algo, dar sustento. “Sin embargo al anteponerle la palabra “desarrollo”, hace que sostenimiento o sustentación representen por un lado mantenerla, de sostenerla y de asegurar su continuidad, mientras que la segunda trata de que se mantenga, se conserve, e incluso continué. Es importante mencionar que mientras que en el DRAE aparece sustentable no aparece sostenible, el cual en cambio sí aparece en el Diccionario de uso

comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, 1987:23), conjugando aspectos económicos, sociales y ambientales. La Nueva Agenda Urbana (NAU) promueve una ciudad que planifica su futuro medioambiental, social y económico a través de soluciones innovadoras que a la vez generan prosperidad y respetan los recursos naturales (Martínez Gaete, 2016a). El desarrollo urbano sostenible atiende a pautas de sostenibilidad y preservación del medio y el patrimonio; contrario al crecimiento desordenado y explosivo, o al de desarrollo mixto; se refiere al crecimiento planificado de los desarrollos urbanos de tipo residencial y terciario a la vez, con usos de suelo y actividades mezcladas de forma ordenada (López Trigal, 2010).

El cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (en particular el ‘lograr que los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles’) no será posible sin implementación de estrategias con la intervención del estado nacional (Lanfranchi *et al.*, 2018). En otras palabras, a la hora de pensar en la expansión del suelo urbano y la planificación territorial, se deberán contemplar aspectos económicos, ecológicos y ambientales, a fin de proveer a los ciudadanos (de la generación actual y la futura) un lugar para vivir, una alta calidad de vida, segura y saludable, garantizando el cuidado del ambiente, el uso equilibrado del territorio y la conservación del suelo y el paisaje.

El equilibrio entre los tres aspectos mencionados para garantizar el desarrollo sostenible de una ciudad implica: “una utilización racional del recurso suelo que, por un lado, impida el asentamiento en zonas de riesgo y, por otro, que trate de reducir la expansión urbana, promoviendo el reciclaje de tejidos urbanos preexistentes y evitando los desarrollos urbanísticos de baja densidad. En definitiva, una conjunción entre las necesidades de crecimiento y la preservación de valores naturales y culturales; una estructura urbana compacta y abarcable, esa ciudad razonablemente densa, continua, multifuncional, heterogénea y diversa, permite un aumento de la complejidad interna, una vida social cohesionada, una economía competitiva, un ahorro del suelo, energía y de los recursos materiales, además de la preservación de los sistemas agrícolas y naturales; una ordenación de las actividades que favorezca la proximidad a los ciudadanos, una

actual, donde menciona que el mundo debe ser “sostenible”, porque el progreso indiscriminado está causando graves destrozos ecológicos” (López Ricalde *et al.*, 2005: s/p)

distribución equilibrada de los recursos y, en cualquier caso, una accesibilidad eficiente y equitativa a los mismos, lo que implica, en muchos casos, la presencia de un buen sistema de transporte público” (Salgado García *et al.*, 2008: 134-135).

“La urbanización debe ir de la mano de la planificación porque en caso contrario las ciudades se vuelven escenarios potenciales para otros problemas como la contaminación atmosférica, la congestión vial e incluso los conflictos civiles” (Martínez Gaete, 2016b, párr.9). Es preciso entonces definir intervenciones viables orientadoras de dicha expansión y considerar el suelo susceptible de ser urbanizable, los espacios obsoletos con posibilidad de transformación, las áreas a proteger y las que requieran algún tipo de planeamiento especial (López Trigal, 2010). De esta manera se podrá controlar el avance de una urbanización espontánea (en términos de Solá Morales, *Urbanización Marginal*, cit. en Lopez Trigal, 2010:396), en la que se apropian de espacios carentes de servicios mínimos, pero con posibilidades de obtención en un futuro de los mismos como así también del dominio de dichos espacios.

2.4.1. CIUDAD DIFUSA Y CIUDAD COMPACTA.

Como consecuencias negativas de la ausencia de planificación en el crecimiento urbano se encuentran el avance de las ciudades poco densas, desordenadas, discontinuas y poco consolidadas, gran cantidad de vacíos urbanos, asentamientos marginales en áreas vulnerables, contaminación y deterioro del ambiente, falta de equipamiento e infraestructura, entre otras. Estas externalidades no deseadas se pueden ejemplificar en el avance del modelo de ciudad difusa³⁴, que se ve favorecida por la dominancia del transporte basado en el uso del vehículo privado, con un crecimiento de la ciudad hacia afuera, y es así que se “plantean problemas ambientales negativos para un modelo de baja sostenibilidad (gastos energéticos mayores y destrucción o alteración del paisaje), problemas socio-económicos (mayores costes y dificultades en reparto de financiación de equipamientos, costes en la centralidad), problemas político-sociales (amenaza sobre los espacios públicos, nuevas desigualdades urbanas, nuevas escalas de segregación y aparición de ciudades cerradas y formación de guetos)” (López Trigal, 2010:101-102).

³⁴ A partir de los años 70 del siglo XX, en Europa continental y Mediterránea, se comienza a hablar del término de ciudad difusa, metápolis o hiperciudad y se comienza a considerar obsoleto, o al menos ilimitado, el término de área metropolitana (Ascher, 1995; Corboz, 1995, cit. en Santos Preciado *et al.*, 2012b).

“(…) El desarrollo de las tecnologías de la comunicación y del sector terciario principalmente industrias de la información, favorecen el desarrollo de la ciudad global (…) configurándose como auténticos centros directores de la economía regional, nacional y, en algunos casos, mundial. En términos espaciales se extienden ampliamente en el territorio, trascienden su dimensión física y configuran lo que se denomina ciudad difusa” (Henríquez Ruiz, 2014:56). En intentos de describir los rasgos fundamentales de la ciudad difusa, también se ha hablado de ellas como Ciudad Dispersa, Ciudad sin Confines, Ciudad Ilimitada, entre otros (Gómez Delgado y Rodríguez Espinoza, 2012). “Las ciudades ya no tiene límites definidos, de manera que la percepción de la ciudad real, de sus límites, por parte de sus habitantes depende de las actividades y desplazamiento del núcleo familiar (…). No existe criterio morfológico sencillo de aplicar para delimitar el crecimiento difuso de las ciudades (…). En el estudio científico del fenómeno urbano, se debería hablar no de ciudades sino de sistemas o ecosistemas urbanos (Terradas, 2001, cit. en Henríquez Ruiz, 2014:57)

Echavarría Miguel y Aguado Moralejo (2003) han expresado que las ciudades que adoptaron el modelo difuso de urbanización, tienden a ocupar cada vez áreas más extensas bajando la densidad urbana lo que presenta problemas económicos y de sostenibilidad (López Trigal, 2010), a expulsar ciertas actividades (parques de oficinas, actividades industriales, residencias de baja densidad, instituciones universitarias, etc.) fuera de los límites de la ciudad, a la creación de barrios dormitorios. Esto se debe, en parte, a la aparición de una serie de factores como son el incremento de los precios del suelo, los cambios en las percepciones de calidad de vida que influyen en la construcción de nuevas viviendas (la edificación de conjuntos habitacionales cerrados con jardín privado y la alta valoración del contacto con la naturaleza, entre otros), el dominio del automóvil sobre la ciudad, etc.

“El fenómeno de la dispersión urbana está caracterizado por la propagación de la ciudad en un entorno cada vez más amplio, ocupando una dilatada superficie de suelo urbano, como consecuencia de una urbanización extensiva de baja densidad” (Muñiz *et al.*, 2006, cit. en Santos Preciado *et al.*, 2012a:119). Entre sus características, se encuentran la discontinuidad espacial y fragmentación de los nuevos usos del suelo, la preponderancia del transporte privado por carretera, el creciente consumo de suelo sin crecimiento demográfico, la difuminación de los límites entre el campo y la ciudad, espacios de

conflicto y experimentación social, pérdida de densidad (León Rodríguez, 2008; Gaja i Díaz, 2004; Castells, 2001; cit. en Santos Preciado *et al.*, 2012b).

A modo de ejemplo, en el informe sobre “Crecimiento urbano oportunidades y acceso: un desafío para América Latina” se expresa que mientras la población urbana en América Latina ha aumentado alrededor del 10% desde finales de la década pasada, en el mismo periodo la flota de automóviles ha crecido más del 40% y la de motocicletas casi se triplicó (CAF, 2017). Todo esto provoca que las ciudades necesiten cada vez mayores consumos de energía y materiales y sean, por tanto, menos sostenibles. “(...) Los patrones espaciales urbanos dispersos tendrán efectos adversos sobre la calidad ambiental urbana y sobre los flujos urbanos por el mayor consumo de recursos y energía” (Henríquez Ruiz, 2014:54).

En oposición, otros autores han abonado acerca de las bondades de la ciudad difusa como por ejemplo la calidad del entorno, un menor costo económico del suelo, así como razones dimensionales o funcionales de difícil ubicación en zonas urbanas persistentes como son instalaciones deportivas, comerciales o recreativas (Esteban, 2006 cit. en Mayor Farguell, 2007).

El tipo de ciudad impulsado por la Nueva Agenda Urbana - NAU (ONU - Hábitat, 2016) para un desarrollo urbano integral, que promueva la igualdad social, la equidad y la inclusión tiene las características opuestas: es una ciudad compacta³⁵. Ésta cuenta con usos mixtos del suelo, un desarrollo urbano continuo, densidades poblacionales medias y fácil acceso a las redes de servicios. A su vez, no tiene grandes espacios vacíos en el interior de su perímetro, con excepción de los espacios verdes (Lanfranchi *et al.*, 2018). “Una ciudad planificada para favorecer el uso mixto y público del suelo, valorizando los espacios dentro del perímetro urbano y favoreciendo la movilidad colectiva. La densidad urbana evita la creación de suburbios o barrios dormitorio y mejora la calidad de vida de los ciudadanos” (Martínez Gaete, 2016a).

La ciudad compacta se propone acorde con el principio de sostenibilidad y consecuentemente al movimiento llamado “crecimiento inteligente” de la ciudad que se

³⁵ “Se asimila a la ciudad mediterránea europea, caracterizada por tener un gran y diverso número de portadores de información (titulados, renta, oficios, actividades e instituciones) que proporcionan estabilidad, cohesión social y madurez al sistema, por una proximidad y ahorro de recursos que favorecen el viaje a pie, el contacto entre personas y la disminución del transporte privado, y por una mayor eficacia energética (Rueda, 1999)” (Hernández, 2015:317).

basa en la idea de que podemos frenar la expansión descontrolada construyendo mejores tipos de comunidades nuevas, arreglando y ocupando las antiguas, encontrando mejores formas para que las personas no necesiten usar al menos *algunos* de sus coches (en términos de Echavarría Miguel y Aguado Moralejo (2003:655) “una ciudadano no dependiente del automóvil”. Propugna volver a la ciudad de crecimiento sostenido y concentrado en manzanas y barrios de densidades medias y a la ciudad a escala de peatón (López Trigal, 2010), y saliendo al campo para preservar grandes superficies de espacio abierto antes de que los promotores las pavimenten. Se trata de una empresa ardua, y solo el tiempo dirá hasta qué punto se puede realizar (National Geographic, 2010)³⁶. Los tomadores de decisiones que se preparan para afrontar el crecimiento, han de planear con antelación y a escala suficiente para crear las condiciones de una estructura espacial compacta, la promoción de un uso racional del suelo a través de políticas de densidad, la mezcla de formas (altura incluida) y actividades en un territorio híbrido no parcelado y menos segregado, contribuirá a hacer estas metas duraderas. “Manuel Vicent escribía recientemente, en una pequeña columna periodística, que en la lucha a muerte entre el hombre y la naturaleza la única opción progresista hoy es apostar por el planeta. De cara a los futuros desarrollos urbanos esta apuesta significa oponerse a esa siniestra mancha de aceite, a esa manta que se extiende y ahoga montes, valles y collados y defender la recuperación de la ciudad existente, la ciudad consolidada, rehabilitándola y modernizándola, haciendo ciudad en la ciudad, aprovechando los vacíos existentes y potenciales, o bien proyectando un crecimiento ponderado con la escala de la ciudad que venga a completarla, dando cobijo a nuevas demandas que no tienen cabida en el tejido heredado, pero evitando los desmadrados polígonos que se adhieren como excrecencias adiposas. Quizá así podamos defender el planeta y dejar el campo tranquilo y vivo” (Mangada, 2008, párr.8).

2.4.2. SITUACIÓN ACTUAL EN ARGENTINA.

La expansión urbana es un proceso global del cual Argentina no se escapa. “Nuestro país es uno de los más urbanizados de la región (92% de la población es urbana) pero, a pesar

³⁶ “La escuela de planificación del ‘nuevo urbanismo’ busca, en cambio, construir a densidades más altas en lugares más centrales, promover el uso mixto en lugar de la zonificación uniforme, desarrollar los corredores de transporte y tratar de minimizar la necesidad de que las personas se muevan más allá de una pequeña zona interior para realizar sus compras y trabajar. Con el reciente aumento en el precio del petróleo, este enfoque tiene más sentido hoy que nunca” (Clarke, 2014:134)

de ello, no ha experimentado un nivel de desarrollo y bienestar congruente con su trayectoria de urbanización” (Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018: 03).

“De acuerdo a diferentes estudios, el consumo de suelo por habitante de los últimos 20 años en Argentina ha sufrido un fuerte crecimiento” (Tella y Potocko, 2018). En algunas regiones como en nuestro país, el suelo urbano ha crecido mucho más rápido que la población urbana, lo que ha dado lugar a modelos de uso del suelo menos densos y menos eficientes (*Cfr. Lanfranchi et al., 2018*). En este sentido, la expansión urbana y las densidades de población bajas generan preocupación. “En 2006, los 33 GAUs³⁷ argentinos ocupaban una superficie de 530.008 Has en las que habitaban 25.209.075 habitantes, con una densidad bruta de $47,6 \frac{hab}{ha}$. Diez años después, la superficie ocupada aumentó a 619.283 Has con una población de 28.815.469 habitantes. Así, la densidad bruta se redujo a $46,5 \frac{hab}{ha}$ y se consumieron 89 mil hectáreas de suelo – una magnitud equivalente a 4,5 ciudades de Buenos Aires” (Lanfranchi *et al.*, 2018:01). Si se extrapola esta tendencia, se consumiría más de 100 mil hectáreas de suelo en 10 años, produciendo ciudades extensas y difusas, de baja densidad, usos de suelo separados y caracterizadas por altos niveles de segregación social (Lanfranchi *et al.*, 2018).

“La expansión dispersa y discontinua está estrechamente vinculada al comportamiento del mercado del suelo que, ante la presión de la demanda, eleva los precios. Este factor produce una ciudad fragmentada, que impide el acceso de la población socialmente más vulnerable. Paralelamente la inversión pública en vivienda social, en el marco de un mercado de suelo no regulado, favorece la especulación inmobiliaria por parte de los propietarios de los lotes vacantes intermedios que se apropian de los beneficios derivados de la extensión de las redes hacia los límites más alejados de la urbanización. Este proceso expansivo suele entrar en conflicto con los usos rurales del entorno y avanzar sobre áreas de vegetación natural o con severas restricciones ambientales” (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, 2011b:55).

“Las tendencias recientes en los procesos de expansión urbana conllevan una mayor dificultad de los gobiernos locales para proveer a la población de equipamientos, infraestructuras y servicios urbanos básicos, a lo que se suman los efectos perjudiciales para el medio ambiente de la expansión en baja densidad, vinculados al consumo

³⁷ Grandes Aglomerados Urbanos.

energético, los altos costos de urbanización, la pérdida de suelo productivo o las dificultades para la movilidad”. (Tella y Potocko, 2018). “La falta de planificación y previsión, la ausencia de un modelo de desarrollo claro y explícito y de políticas territoriales adecuadas, ha generado a través del tiempo, un proceso de desequilibrio territorial que se pone en evidencia en la distribución de la población, en los altos indicadores de concentración urbana y en el empobrecimiento de la población” (Ministerio de Planificación, Inversión Pública y Servicios, 2016:07). A modo de ejemplo, “en los últimos 15 años se ha dado un círculo vicioso, iniciado con el crecimiento urbano disperso y de baja densidad en la mayoría de los municipios que componen los principales aglomerados urbanos. La población se ha localizado en las áreas centrales, donde se concentra la oferta de trabajo, al tiempo que quienes habitan áreas periféricas han visto restringido su acceso por la baja calidad o ausencia de transporte público y, en muchos casos, inadecuada infraestructura vial. Esto ha derivado en un encarecimiento de los precios de la vivienda en áreas centrales y con buena accesibilidad. Los elevados precios han impedido que familias de ingresos medios-bajos y bajos accedan al mercado formal de vivienda, lo que se ha traducido en el surgimiento de asentamientos informales y en el crecimiento y la densificación de los ya existentes” (Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018: 11).

Es importante mencionar lo expuesto en el documento “Diagnóstico sobre ciudades y desarrollo urbano- Argentina 2030” (Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018), sobre el modelo de expansión urbana con alta dispersión y discontinuidades. Al respecto se expone que los gobiernos locales pueden guiar activamente el crecimiento urbano, propiciando un mejor aprovechamiento de las redes de servicios y la densificación en áreas con buena cobertura de servicios de infraestructura, o internalizando los costos que la nueva urbanización en extensión genera para el conjunto de la población. Destacan la necesidad de orientar la expansión en función de la oferta de servicios y una regulación eficiente (en relación a la asignación de suelo para localizar infraestructura de movilidad y otros equipamientos críticos como zonas comerciales, amenidades, etc. y el impulso de la oferta formal de vivienda). “Desafortunadamente, en Argentina, hay relativamente poco conocimiento sobre la naturaleza de los marcos regulatorios para el uso de la tierra, por lo que no es posible dar cuenta de sus efectos potenciales” (Goytia y Pasquini, 2010:5).

Como consecuencias del desarrollo en extensión antes nombrado en el Documento, se pueden mencionar: (*cf.* Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018)

- “La vivienda social se ha localizado en áreas periféricas, favoreciendo la extensión. Estos conjuntos habitacionales forman las áreas de mayor densidad - hasta 200-300 $\frac{hab}{ha}$ - en muchas ciudades intermedias, pero están separados del área urbana consolidada. Esto, a su vez, incrementa las discontinuidades del área construida, perjudicando la accesibilidad. La necesidad de fortalecer la oferta de vivienda social no ha incluido su aplicación en suelos de renovación urbana, que hubiese permitido la revitalización de áreas centrales con buena dotación de servicios de infraestructura” (p.13);
- “Los límites del área a servir con infraestructura se alejan cada vez más de las zonas centrales, con grandes vacíos urbanos, en un proceso continuo de expansión y subocupación” (p.13)

En esta línea, “la provisión de servicios de agua y saneamiento ha quedado rezagada. A pesar del aumento en la cantidad de hogares servidos en todos los aglomerados del país durante 2001-2010, el crecimiento en extensión de los aglomerados se ha dado en áreas con fuerte déficit de las redes de servicios y, a contramano, las obras ejecutadas han priorizando las áreas centrales con mayores densidades de población (Goytia y Pasquini, 2012, cit. en Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018:14)”;

- “La capacidad de las personas de acceder a oportunidades de empleo, servicios sociales y amenidades depende, en gran medida, de sus posibilidades para desplazarse por la ciudad (...). La movilidad deficiente puede considerarse como una de las principales causas de los costos de congestión, incluyendo el tráfico vehicular, la contaminación del medio ambiente, los accidentes viales y otros fenómenos que afectan negativamente el bienestar (CAF Banco de Desarrollo de América Latina, 2017).

En Argentina, la urbanización discontinua y de baja densidad o *sprawl* dificulta la ampliación del acceso de la población a los servicios de transporte público” (p.15).

- “Las dificultades para el acceso a la vivienda de los hogares de menores ingresos han propiciado el desarrollo informal de la urbanización; esto, a su vez, ha reforzado el crecimiento en extensión, los asentamientos en áreas periféricas con mala accesibilidad y la densificación de las villas en áreas centrales de las ciudades. Los asentamientos informales aumentan la proporción de personas en la ciudad sin acceso a servicios e incrementan las dificultades de acceso a los mercados de empleo. Al ocupar suelos de menor costo inicial por su condición de no servidos, la incorporación progresiva de infraestructura por parte del sector público es una forma indirecta de financiamiento del proceso de acceso a la vivienda para estos hogares (...)” (p.19).

“Es importante precisar que parte de estos asentamientos surgen como resultado de la migración de personas que encuentran en estos sitios, con todos sus defectos, mejores condiciones que en sus lugares de origen. Si bien las políticas de urbanización de barrios informales pueden mejorar la situación de estas localizaciones, es también importante crear las condiciones para que la población en asentamientos pueda transitar a otras áreas de la ciudad o a ciudades pequeñas y medianas con mejor accesibilidad a servicios y trabajos” (CAF Banco de Desarrollo de América Latina, 2017) (pp. 20-21).

Por su parte, el programa “Argentina Urbana 2030” “desalienta los patrones expansivos de crecimiento urbano porque, como ya se señaló, construyen territorios cada vez más segregados y polarizados, con distancias de traslado cada vez más grandes y costos de infraestructura cada vez mayores; asimismo, este tipo de crecimiento en expansión avanza sobre tierras productivas. El concepto central es que toda obra pública esté asociada a un proceso de planificación, priorizando los programas para el desarrollo de infraestructura donde haya concentraciones de población. Se busca así promover el completamiento de áreas vacantes en zonas urbanas por sobre la extensión de la mancha urbana (...) fomentar un sistema urbano poli-céntrico caracterizado por la distribución de una serie de atributos entre un número significativo de centros urbanos. Estos atributos incluyen: población, dotaciones y equipamiento de infraestructura, generación de riqueza, conectividad y accesibilidad, capacidades productivas y de iniciativas locales, atracción para la localización de las actividades económicas y de servicios, y difusión del patrimonio cultural” (Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018: 24-25).

2.5. ROL DEL AGRIMENSOR EN EL ORDENAMIENTO Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO.

En su discurso inicial como miembro de la Academia Nacional de Agrimensura denominado “Ampliar los alcances de la profesión y la visión del territorio” el Agrimensor Leonardo Ivars expresaba sobre el rol actual del agrimensor que “ser conscientes de la historia es fundamental para saber de dónde venimos, pero también para reflexionar en qué lugar nos encontramos y, sobre todo, para delinear nuestras aspiraciones como profesión” (Ivars, 2019:01). En consonancia con lo anterior en 1961 el Agrimensor e Ing. Geógrafo Victor Hansjürgen Haar expresaba que los Ingenieros Agrimensores tenemos una trayectoria tradicionalmente reconocida como el profesional especializado en la determinación de límites territoriales, tarea que conjuga al derecho territorial, la topografía y la geodesia. Sin embargo, y sumado a esta importante tarea, como todo otro profesional, debemos encontrar una función a realizar para hacer lo que la sociedad necesita (Hansjürgen Haar, 1961, cit. en Ciampagna, 2019).

Dadas las diferentes aristas que involucran tanto el ordenamiento como la planificación del territorio, la consideración de los mismos debería ser tomada desde un enfoque multidisciplinar en el que se integren las diversas miradas propias de cada disciplina y se coordinen acciones que favorezcan a la población y persigan la mejora de su calidad de vida desde el punto de vista más pluricultural posible. El ordenamiento y la planificación territorial se configuran entonces como campos complejos en los que el Ingeniero Agrimensor tiene plena incumbencia desde la etapa de formulación de planes y proyectos, pasando por la ejecución de los mismos y concluyendo con su evaluación (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería – CONFEDI, 2018; *Fédération Internationale des Géomètres - FIG*³⁹, 2003; Res. N° 1554 del 2021 [Ministerio de Educación], Modificación de la Res N° 1054 del 2002, por la cual se aprueban los Contenidos Curriculares Básicos para la Acreditación de la carrera Ingeniería en Agrimensura, 13 de Mayo de 2021⁴⁰), pues es el profesional que materializa en el territorio todo tipo de mediciones y levanta del mismo información geoespacial de precisión, en otras palabras, releva y monitorea diversidad de información georreferenciada (Dantur, 2020) esencial para la toma de decisiones. Sumado a esto, el Ingeniero Agrimensor es un profesional

³⁹ Federación Internacional de Agrimensores.

⁴⁰ Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1554-2021-349967/texto>.

formado con “actitud ética, crítica y creativa para la identificación y resolución de problemas en forma sistémica, considerando aspectos políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales desde una perspectiva global, tomando en cuenta las necesidades de la sociedad” (CONFEDI, 2018:20), por lo que su perspectiva aportará a la concreción de los objetivos del desarrollo sostenible.

Como lo expresa la definición adoptada por la Federación Internacional de Geómetras: “el Agrimensor es el profesional con la formación académica y experiencia técnica para practicar la ciencia de la medida; para acopiar y valorar información geográfica y del suelo, usar esta información territorial con fines de planeamiento e implementación de una eficiente administración del suelo, del mar y las estructuras consiguientes, y fomentar el avance y desarrollo de tales prácticas (...)” (Resol. N° 1110/09, UNNE, 2009:04). Además en la definición actual adoptada por la Academia Nacional de Agrimensura se mencionan entre las competencias del Ingeniero Agrimensor, las siguientes: “ejecución de mediciones directas e indirectas sobre el territorio” y “georreferenciación a elementos y hechos físicos y/o jurídicos, naturales o artificiales”. Y continúa exponiendo que “estos datos son registrados en sistemas de información territorial, como así también en documentos cartográficos y en sistemas de información geográfica, y se aplican para el ordenamiento territorial y ambiental, los avalúos, la seguridad jurídica inmobiliaria, el conocimiento integral del territorio y su geografía y la administración de los bienes y recursos naturales del Estado y de los particulares” (Anexo Res N° 14/2020, Academia Nacional de Agrimensura Asociación Civil, 2020:01⁴¹).

Actualmente, la responsabilidad de preservación y conservación del medio en que vivimos, de los recursos naturales, de la flora y de la fauna, y complementariamente la necesidad de avanzar en el crecimiento económico y en la equidad social que garanticen el desarrollo sostenible, pueden ser consideradas como una condición suficiente para resaltar la importancia de la planificación y ordenamiento del territorio, pues toda acción humana sobre el medio provoca en mayor o menor medida algún tipo de alteración del mismo. Aquí el Ingeniero Agrimensor juega un rol muy importante, gestionar y proveer la información relativa al territorio, que se encuentre actualizada y sea útil al momento de establecer relaciones, construir modelos, incorporar variables y proponer soluciones a las problemáticas que se presenten.

⁴¹ Disponible en: <https://academianacionaldeagrimensurablog.files.wordpress.com/2020/07/anexo-resolucic3b3n-14-2020.pdf>

Los cambios en los usos del suelo sobre el territorio se muestran como una consecuencia ineludible del incesante proceso de crecimiento y expansión de las ciudades. Por tal motivo, conocer la dinámica experimentada entre los distintos usos del suelo, poder cuantificarla y localizarlas espacialmente colabora en el complejo trabajo que implica la gestión y planificación de las ciudades y por lo tanto se constituye como objeto de análisis permanente en la formación y ejercicio del profesional de la Agrimensura. En esta dirección, consideramos que detectar y medir la dinámica de los usos del suelo debe ser el paso inicial para conocer el territorio sobre el que se aplicarán iniciativas de orden y planificación. De igual modo, el trabajo llevado a cabo mediante Tecnologías de la Información Geográfica demuestra la potencialidad de las mismas tanto para analizar la evolución de los usos del suelo, como para simular situaciones futuras bajo determinadas condiciones. Como expresa Ciampagna (2018) “una planificación basada en información cierta y evidente ayuda a dejar caminos equivocados para las soluciones de los problemas urbanos y permitir, en el tiempo, seguir y optimizar su evolución” (Ciampagna, 2018, párr.3). En tal sentido, el Ingeniero Agrimensor trabaja con información referida a las condiciones topográficas; los tipos de suelo y sus condiciones como soporte de hechos y fenómenos físicos del territorio; los valores de la tierra; la presencia de asentamientos informales y formales, tierras fiscales, terrenos vacantes; la normativa existente relativa al ordenamiento del territorio, usos de suelo y otros antecedentes. Asimismo, la integración y el tratamiento de tales datos mediante Sistemas de Información Geográfica colabora en una visión más integral de la situación presente y permite simular posibles situaciones futuras bajo determinadas condiciones.

Ciampagna (2019) señala además que los Ingenieros Agrimensores intervenimos directamente en tres puntos principales para lograr que una ciudad sea sostenible a futuro si se logra una proporción equilibrada de cada uno: el diseño legal, relativo a lo que tenga vinculación con normativa, su cumplimiento y sus antecedentes; el diseño físico, que se vincula al espacio público, usos del suelo, provisión de servicios, accesibilidad, espacios verdes; diseño financiero, fundamentalmente lo que respecta a los cambios en los usos del suelo y el respeto sobre los espacios de dominio público, considerar plusvalías para la creación de la ciudad y los ajustes de tierras.

En síntesis, por lo expuesto anteriormente es que afirmamos que la presencia del Ingeniero Agrimensor en un equipo multidisciplinar que aborde problemáticas urbanas

resulta indispensable toda vez que se requiera el manejo integral de información territorial con miras al desarrollo sostenible.

2.6. CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO COMO CONSECUENCIAS DE LA EXPANSIÓN URBANA.

La ciudad es un sistema complejo sometido a una continua mutación y dinámica (López Trigal, 2010). El fenómeno del crecimiento urbano excede ampliamente el incremento poblacional en las ciudades, se trata de un fenómeno que inicialmente ha sido considerado como una señal de prosperidad económica; sin embargo, en la actualidad esos beneficios están siendo continuamente debatidos y balanceados contra los impactos ambientales que produce, entre ellos, los que incluyen los cambios de usos del suelo⁴² (Yuan *et al.*, 2005, cit. en López Vázquez y Plata Rocha, 2009). En este sentido Lambin señala que “la degradación e intensificación del uso y ocupación del suelo ocurrida en muchos países, ha ocasionado profundos cambios en el paisaje terrestre” (Lambin, 1997 cit. en Pineda Jaimes y Principi, 2019:01).

Existe un interés creciente en conocer los cambios de los usos del suelo que se han producido en el territorio, así como las causas que los han propiciado y las consecuencias que han generado (que dependen del contexto social, geográfico, histórico y político), pues dichos cambios tienen implicaciones tanto ambientales como sociales y económicas. Mediante su estudio se puede recabar información sobre el estado de la biodiversidad y el paisaje, sobre la configuración económica y la evolución de las características ecológicas del territorio (ligada al proceso socioeconómico que ha experimentado una región); pueden servir como referencia en los estudios de evaluación de impacto ambiental, de restauración y/o de planificación, entre otros. (Gallardo Beltrán, 2014).

“Autores como Lambin *et al.* (2001) comentan que la población por sí sola no constituye una de las causas de cambios de usos de suelo. Schneider y Woodcock (2008) observan que la conversión de suelo urbano puede no estar correlacionada directamente con los cambios poblacionales (...). Por último Reid *et al.* (2006) comentan que el crecimiento de la población no es tan influyente como se pensó previamente, especialmente si ese

⁴² Cabe diferenciar los conceptos cobertura de la tierra y uso de la tierra. “El término cobertura de la tierra se refiere a solo la descripción física de la capa superficial de la tierra, lo que incluye vegetación, áreas sin vegetación y zonas humanas, mientras que el término uso de la tierra es la caracterización por actividades antropogénicas que modifican, manejan, conservan y usan los tipos o estados de coberturas de la tierra” (Barrantes Sotela y Sandoval Murillo, 2016: s/p).

crecimiento se produce en áreas urbanas (...), en su lugar, factores relacionados con las políticas juegan, habitualmente, un rol más importante” (Gallardo Beltrán, 2014: 271).

Por su parte, según el Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU- Hábitat), la urbanización rápida - especialmente en ciudades de países emergentes - plantea numerosos desafíos en la distribución espacial de personas y recursos, así como en el uso y consumo de suelo. Los cambios en los usos de suelo son una de las consecuencias directas de la expansión urbana. Su estudio y descripción detallada colaboran en su entendimiento (López Vázquez y Plata Rocha, 2009) y control mediante alguna forma de ordenación del territorio (Gómez Delgado *et al.*, 2005, cit. en Gomez Delgado y Rodriguez Espinoza, 2012), como así también a manejar de forma sostenible los recursos naturales y la protección del ambiente (Navarro Rau, 2012). En consecuencia, entender la dinámica entre los usos de suelo con funciones urbanas puede ser determinante a la hora de diagnosticar los problemas que puedan generar y las demandas que pueden requerir (Valenzuela Montes *et al.*, 2012).

En Argentina, la regulación del uso del suelo presenta una gran heterogeneidad espacial a nivel local, con variaciones sustanciales entre diferentes áreas metropolitanas, entre los municipios que las componen y entre jurisdicciones localizadas dentro de las áreas metropolitanas y fuera de ellas. Ejemplo de esto es que sólo 3 de cada 4 municipios dentro de los grandes aglomerados urbanos han definido un plan de uso del suelo y los que existen se encuentran más actualizados en los municipios de mayor tamaño. Además, los municipios de densidad baja presentan, en promedio, instrumentos de regulación del suelo más antiguos que aquellos con densidades media y alta. En cuanto a la aplicación de la normativa local, 63% de las jurisdicciones altamente reguladas reportan bajos niveles de cumplimiento” (Goytia *et al.*, 2012, cit. en Jefatura de Ministros, Presidencia de la Nación, 2018: 12-13).

2.6.1. CLASIFICACIÓN DE MODELOS DE CAMBIOS DE USOS DEL SUELO BASADA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

“La reconstrucción de la historia de cambios de usos y cubiertas del suelo constituye un conocimiento crucial para analizar los cambios actuales y predecir los que podrían darse en el futuro, no como elemento de lo que va a pasar sino como una herramienta práctica de interpretación y análisis” (Gallardo Beltrán, 2014: 18). El estudio y comprensión de los cambios en el uso del suelo a través de modelos colabora en el entendimiento de los

procesos de urbanización y pueden ser un insumo para los tomadores de decisiones sobre posibles condiciones futuras bajo diferentes escenarios (Pineda Jaimes y Principi, 2019). El modelo urbano es considerado en este punto como una “técnica precisa de análisis urbano a modo de maqueta de una realidad variable y con la que hacer frente a estudios de simulación y de proyección urbana, de modelización aplicada en distintos supuestos” (López Trigal, 2010:259).

“El uso de las computadoras por su parte colabora en la construcción de modelos elaborados que incluyan diversidad de variables para simular posibles escenarios, para mejorar la comprensión de los mismos y predecir su comportamiento” (Linares, 2016:35).

“La modelación espacial de los patrones urbanos requiere una integración entre los sistemas de información geográfica (SIG), percepción remota y los sistemas de modelación ambiental. La capacidad de los SIG para adquirir, procesar, manejar y desplegar información espacial es notablemente mejorada si se le agrega la capacidad de modelar escenarios de simulación espacial (...). En este sentido emergen nuevas técnicas y conceptos como la inteligencia artificial aplicada a la Geografía y a la Geocomputación (Openshaw y Openshaw, 1997; Atkinson y Martin, 2000; Openshaw y Abrahart, 2000; Paegelow y Camacho, 2008), que se refiere a un nuevo grupo de métodos complejos en SIG que incluyen técnicas, tales como redes neuronales artificiales (RNA), lógica difusa y programación genética” (Henríquez Ruiz, 2014: 84-85). “El concepto de auto-organización resulta central e implica que la estructura urbana anterior incidirá en la forma de la estructura urbana actual, y que ésta, a su vez, influirá en el patrón de uso del suelo urbano futuro. Estas ideas han dado lugar a la aparición de nuevas clases de modelos para desarrollar el desarrollo urbano (...)” (Linares, 2016:35).

Los SIG han mejorado enormemente la eficiencia del estudio de los cambios de usos del suelo (Prashar *et al.*, 2013, cit. en Pineda Jaimes y Principi, 2019) y adquieren protagonismo al ser un instrumento capaz de crear observaciones, confrontarlas con casos reales y simular posibles configuraciones espaciales proyectadas a futuro, que permitan acceder a otra realidad y operar sobre ella a fin de extraer resultados aplicables al mundo empírico (Buzai y Baxendale, 2011). “Los SIGs son un aporte en: (a) la construcción de variables de entrada para la modelación; (b) la identificación de patrones espaciales en los datos; (c) la cuantificación de los cambios temporales observados o predichos; (d) la evaluación de factores que operan cruzando una variedad de escalas, y; (e) la visualización de los resultados” (Henríquez *et al.*, 2006:62).

A grandes rasgos, existen dos grandes familias de modelos: los **heurísticos** (se basan en la experiencia y conocimiento que se tiene sobre un fenómeno y permiten llegar a una solución válida) y los **probabilísticos** (se basan en relaciones estadísticas entre los factores que posibilitan proyecciones más robustas) (Henríquez Ruiz, 2014).

Dentro de los modelos **heurísticos**, cabe mencionar los modelos de “autómatas celulares” (AC) (Henríquez Ruiz, 2014) (basados en la técnica de los “autómatas”, que han surgido bajo el paradigma de un sistema de auto-organización) (Linares, 2016), que dividen a la ciudad en una malla compuesta por celdas, donde cada celda posee un estado, que cambia en función de lo que suceda a su alrededor, “una matriz finita o infinita que ocupa un espacio, un tablero con casillas o celdas cuyos valores, colores o texturas cambian a lo largo del tiempo, representando a los procesos que hacen a los objetos dinámicos de un número creciente de disciplinas” (Reynoso, 2010:40). “Este procedimiento parte de la suposición razonable de que lo que ocurre en un punto incide con fuerza en lo que ocurre en los lugares inmediatos a ese punto. Además otra característica singular de los autómatas celulares es que el resultado de una simulación se convierte en la base, y, por lo tanto, incide, en la siguiente simulación. Es un procedimiento iterativo” (Barredo *et al.*, 2003, cit. en Pascual Rosa *et al.*, 2010: 1002), en el cual “las celdas actualizan sus estados a lo largo del tiempo en base a los estados que tenían las celdas vecinas en el momento anterior” (Reynoso, 2010:44).

“Aunque la técnica de los autómatas celulares se remonta a los orígenes de la computación digital, es a partir de la década de 1990 que esta técnica se ha utilizado para explorar el comportamiento de sistemas auto-organizados y modelar el proceso de crecimiento urbano” (Linares, 2016: 36). Es un sistema dinámico discreto que se desarrolla en el espacio y tiempo “formado por un conjunto de elementos sencillos idénticos entre sí, pero que en conjunto son capaces de demostrar comportamientos complejos y, por ello, son muy adecuados para la simulación de procesos urbanos” (Frankhauser, 1998 cit. en Aguilera Benavente *et al.*, 2012:208). Al respecto, Linares (2016) expresa que la evolución y los posibles cambios que pueda experimentar una ciudad están determinados por los vínculos existentes entre los diferentes elementos del sistema.

Se compone de celdas (elemento básico que puede asumir estados binarios 0 o 1 y que poseen una historia y una evolución de cambio en el tiempo (Sandoval Verdugo, 2009)), cada celda contiene un autómata, que se encontrará rodeado de otros autómatas (Aguilera Benavente *et al.*, 2012); una cuadrícula (disposición de las celdas en una red espacial en

una, dos o tres dimensiones); vecinos⁴³ (celdas que determinan el estado de otra celda), “generalmente, en la aplicación de los autómatas celulares a la simulación de procesos de crecimientos urbanos, se suelen emplear vecindades extendidas, que permiten incrementar los efectos de influencia de unos usos urbanos con respecto a otros” (Aguilera Benavente *et al.*, 2012:209) y “se parte de la primera ley de la Geografía de Tobler (1979): ‘en geografía todo está relacionado con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas distantes’” (Aguilera Ontiveros *et al.*, 2001:89); reglas de transición que definen el estado de una celda en un próximo periodo (Henríquez Ruíz, 2014) y un reloj virtual que generará "tics" o pulsos simultáneos a todas las celdas indicando que debe aplicarse la regla de evolución y de esta forma cada celda cambiará de estado. “En el caso de los modelos que integran SIG y autómatas celulares, se suele hablar de iteraciones, de tal modo que cada iteración supone una aplicación de la regla de evolución y un consiguiente cambio (o no) de estado” (Aguilera Benavente, 2006:86). Este modelo “permite simular un proceso espacial complejo, mostrando las transformaciones de las estructuras espaciales como parte de dinámicas no lineales” (Henríquez Ruíz, 2015: 323). “Batty (1997) señala cómo las ciudades crecen principalmente a causa de acciones que tienen lugar a nivel local e individual, de modo que su morfología puede ser entendida desde su nivel más descentralizado y local, haciendo del todo idóneo el empleo de modelos que representen los procesos urbanos desde un enfoque de “abajo arriba” (*botton-up*), y que simulen las ciudades como conjuntos de elementos básicos que actúan como células, que crecen y cambian” (Aguilera Benavente, 2006:84-85).

“En el ambiente computacional y particularmente en los Sistemas de Información Geográfica de base *ráster*, la base del trabajo con Autómatas Celulares constituye la capa temática formada por las *nxm* celdas del área de estudio, en donde cada píxel puede asumir un determinado estado (vacío, ocupado) dentro del conjunto de posibilidades (determinados usos del suelo) y un proceso iterativo que determina los resultados temporales de acuerdo a las reglas de transición” (Buzai, 2005: s/p).

⁴³ Pueden distinguirse diferentes tipos de vecindarios: a) Vecindario von Neumann (toma las cuatro celdas contiguas y de radio igual a 1); b) Vecindario Moore (ampliación del vecindario anterior más las celdas diagonales); c) Vecindario von Neumann extendido (equivalente al vecindario von Neumann pero incluye además celdas vecinas más allá de las celdas adyacentes a la central, con radio igual o superior a 2); d) Vecindario Moore extendido equivalente al vecindario Moore pero incluye además celdas vecinas más allá de las celdas adyacentes a la central, con radio igual o superior a 2) (Henríquez Ruíz, 2014); e) radial; f) axial; g) Vecindario de Margolus (se consideran grupos de 2x2 en un patrón hexagonal) (Reynoso, 2010).

“Los ACs constituyen una herramienta de modelado de evidente utilidad para cualquier disciplina que busque comprender mejor los procesos complejos, la aparición de propiedades emergentes y las relaciones entre los micromotivos y las macroconductas, el tiempo y el espacio, las estructuras y los acontecimientos, los patrones de conjunto y los elementos (...). A través de los ACs se tiene mucho que ganar en la comprensión estructural de esa clase de fenómenos y en el examen reflexivo de la articulación interna de las formas posibles de una teoría de la complejidad pasada, presente o futura” (Reynoso, 2010:90). “La principal observación que se puede hacer a estos avanzados modelos es que no discernen los distintos efectos ecológicos y sociales de distintos patrones, o expresado de otra forma, no se ha socializado el significado del píxel para entender e interpretar este complejo proceso” (Henríquez Ruiz, 2014:88).

Por otro lado, entre los modelos **probabilísticos**, es pertinente mencionar en este trabajo los basados en matrices o cadenas de Markov⁴⁴ que se usan para determinar la probabilidad de que un determinado uso del suelo mute a otro en cierto periodo de tiempo considerando su estado anterior inmediato y de forma independiente de las variables explicativas y descriptivas pues se basa exclusivamente en el análisis de la dinámica interna del sistema (Sandoval Verdugo, 2009). En otras palabras, estos modelos (como así también el de ACs) tienen la ventaja de no considerar las causas por las que se producen los cambios, tales como el crecimiento poblacional, económico y patrones de crecimiento urbano. Sin embargo, la principal crítica que puede hacerse al modelo es que no brinda información sobre la localización de los cambios por lo que debe ser acompañado por algún método que permita visualizarlos espacialmente, por ejemplo los autómatas celulares (Henríquez Ruiz, 2014)

En resumen, las Cadenas de Markov entregan las probabilidades de cambio, mientras que los Autómatas Celulares espacializan dichas probabilidades (Sandoval Verdugo, 2009).

Otra tipología de modelos fue desarrollada por Pineda Jaimes y Pincipi (2019) quienes proponen la clasificación de los modelos de cambios de usos del suelo en relación con los SIG como **Descriptivos**, **Explicativos** y de **Simulación**. En general, los modelos **descriptivos** procuran calcular superficie y localización de los diferentes usos del suelo a partir de la superposición de dos mapas temáticos de al menos dos momentos de estudio.

⁴⁴ Una matriz de transición para una cadena de Markov de n estados es una matriz de $n \times n$ con todos los registros no negativos y con la propiedad adicional: la suma de los registros de cada columna (o fila) es 1” (Henríquez Dole, 2012: 148)

Se intenta responder a preguntas del tipo ¿qué cambió?, ¿cómo cambió? y ¿cuánto cambió?

Los modelos **explicativos** buscan establecer las posibles relaciones entre diferentes factores conductores y los cambios ocurridos. Intentan responder a preguntas del tipo ¿cómo se produjo el cambio? y ¿por qué se produjo el cambio? En el ámbito urbano, existe diversidad de factores que inciden en el desarrollo de la ciudad y su dirección como ser la topografía y los equipamientos (Cifuentes Ruiz, 2009), los nuevos estilos de vida en ambientes suburbanos y la mejora en las redes de transporte y movilidad de los ciudadanos (Plata Rocha *et al.*, 2011), factores derivados de aspectos socioeconómicos, legales y administrativos (superficie urbanizable, crecimiento de la población) y derivados de la proximidad (distancia a ríos, carreteras y zonas urbanas preexistentes) (Baluja Arestiaño *et al.*, 2010). Asimismo, autores como “Berry y otros (1976); Trivelli (1981); Ratcliffe (1996), Ascher (1192) ‘atribuyen el crecimiento urbano al incremento del valor del suelo, anotan que los valores del suelo rural se van incrementando a medida que se incorporan a la ciudad’ (...)” (Cifuentes Ruiz, 2009:83). Aunque de la relación entre el crecimiento urbano y una diversidad de factores (biofísicos, socioeconómicos o de proximidad a equipamientos y servicios urbanos, demográficos, entre otros) presentes en el territorio no es posible deducir una consecuencia directa, el entendimiento de la misma se convierte en un elemento más para la comprensión de las problemáticas actuales y disminución de la incertidumbre de las problemáticas y demandas futuras (Plata Rocha *et al.*, 2012).

Los modelos de **simulación** por su parte, intentan responder a preguntas del tipo ¿qué pasaría si...? Con ellos es posible “explorar un modelo y el mundo que representa. ‘Es como la representación imitativa del funcionamiento de un sistema o proceso mediante el funcionamiento de otro’ (*Merriam – Webster Dictionary*). Así, la simulación operacionaliza un modelo. Esto generalmente se hace expresando el modelo como un programa o proceso, e invocando los procesos utilizando datos de prueba reales o artificiales como entrada” (Clarke, 2014: 130).

La Geografía, entendida como una ciencia prospectiva, permite obtener escenarios de simulación relativos a posibles situaciones futuras que representan distribuciones espaciales hipotéticas (Humacata y Buzai, 2018). “La elaboración de modelos de prospección que tengan en cuenta los procesos y tendencias actuales se convierten en una herramienta para la representación de escenarios futuros que plantean discusiones acerca

de la sostenibilidad de los crecimientos, los impactos de las políticas sectoriales, etc.” (Santos Preciado *et al.*, 2012a: 84-85). La utilidad de realizar simulaciones de escenarios⁴⁵ futuros radica en la obtención de información que pueda ser valiosa para planificadores del territorio en tanto buscan disminuir la incertidumbre al convertirse en una posibilidad futura, en función del conocimiento de los procesos de cambios ocurridos en el pasado, las variables o factores conductores elegidos que intervendrán en tal escenario y las posibles restricciones o incentivos incluidos en el modelo utilizado. Es una descripción de una situación hipotética de futuro con el fin de conocer o aproximarse lo más posible a la realidad futura. En particular, el análisis de escenarios con modelos de uso de la tierra puede respaldar la planificación y la política del uso de la tierra (Veldkamp y Lambin, 2001, cit en Veldkamp y Verburg, 2004). “(...) Es conveniente introducir el escenario urbano o descripción concreta de acontecimientos que se proyecta sobre un determinado espacio urbano, en un periodo definido y en función de un hipótesis o una tendencia en la medida que ciertos hechos o supuestos se verifiquen y ciertas decisiones o intervenciones fuesen adoptadas” (López Trigal, 2010:30). “Un modelo debe poder predecir los posibles efectos que diferentes políticas o instrumentos públicos pueden tener en el territorio antes de que éstos se lleven a cabo. De esta forma, el uso de dicho modelo se convierte en una herramienta eficaz para estudiar y valorar parámetros medioambientales y socioeconómicos” (Gallardo Beltrán, 2014: 18).

“La planificación y el ordenamiento del territorio pueden considerarse, en consecuencia, como unas de las tantas ciencias que se apoyan en el análisis espacial cuantitativo para la generación de conocimientos relacionados a las localizaciones, distribuciones espaciales, asociaciones espaciales, interacciones espaciales y evoluciones espaciales de determinadas características que permiten modelar el aspecto geográfico para su mejor conocimiento y posibilidades de aplicación” (Buzai, 2019:12). “(...) Los modelos urbanos y las simulaciones que se construyen proporcionan una forma económica y efectiva de evitar un diseño urbano deficiente, anticipar problemas y el crecimiento de las ciudades y el cambio en el uso del suelo, y tal vez hacer que nuestro mundo sea más sostenible. (...) La simulación tiene un papel extraordinario que desempeñar en el futuro de la planificación y la geografía urbana, y si tenemos éxito, en la creación de un futuro sostenible para todos nosotros (...)” (Clarke, 2014: 135)

⁴⁵ Originalmente se definió un escenario como una “secuencia hipotética de eventos futuros diseñados con el propósito de poner la atención en determinadas decisiones o acontecimientos” (Kahn y Wiener, 1967, cit. en Aguilera Benavente *et al.*, 2012:187).

Cabe aclarar que no se debe entender una simulación como una visión a futuro de lo que sucederá, sino como una ayuda para explorar diferentes posibilidades de usos del suelo a futuro. “Al tratarse de escenarios prospectivos externos, y de acuerdo con Borjerson *et al.*, (2006) deben ser entendidos en el contexto del pensamiento futuro exploratorio, y por tanto posible, pero nunca como una realidad futura. La representación de estos futuros hipotéticos permite esclarecer la acción presente (planificadora) a la luz de futuros posibles (Goded, 2000) y, por tanto, constituye un enfoque exploratorio, y no normativo” (Aguilera Benavente *et al.*, 2009:59). “El desarrollo de escenarios ha ganado en importancia como un enfoque para analizar el futuro de una manera estructurada e integrada; ofrece un marco para combinar diferentes datos, modelos y puntos de vista, y está empezando a convertirse en una herramienta ampliamente utilizada” (Gallardo Beltrán, 2014:18). De esta manera, con la ayuda de determinadas herramientas, se tiene la posibilidad de generar escenarios futuros, conociendo las fuerzas que generan cambios y/o expansión. Así se puede actuar sobre dichas fuerzas para conducir la planificación urbana hacia donde se cree que serían los modelos denominados normativos, tendenciales, exploratorios, de recesión económica, etc.

En otras palabras, “el monitoreo y la proyección de la expansión urbana forma parte de la información básica para la planificación a largo plazo que contemple un desarrollo sustentable⁴⁶ en el proceso de cambio de uso y cobertura del suelo, además de contribuir a mejorar la planificación urbana e infraestructura en los planes de desarrollo, mediante la comprensión del fenómeno de expansión urbana” (Mahesh Kumar *et al.*, 2008, cit. en Sandoval Verdugo, 2009:10).

⁴⁶ “(...) El término de “sustentable” aparece con significados semejantes en diversos artículos, referidos al informe de “Nuestro Futuro Común”, como desarrollo sustentable en vez de sostenible, y se traducen como sinónimos (Gómez, 1996), por lo que se hace habitual de referirse a él en América Latina como "desarrollo sustentable” (López Ricalde, *et al.*, 2005:s/p).

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN CURUZÚ CUATIÁ, GOYA Y PASO DE LOS LIBRES

“El monitoreo y la proyección de la expansión urbana forma parte de la información básica para la planificación a largo plazo que contemple un desarrollo sustentable en el proceso de cambio de uso y cobertura del suelo, además de contribuir a mejorar la planificación urbana e infraestructura en los planes de desarrollo, mediante la comprensión del fenómeno de expansión urbana” (Mahesh Kumar et al., 2008, cit. en Sandoval Verdugo, 2009:10).

3.1. INTRODUCCIÓN

Los cambios en los usos y coberturas del suelo son el resultado de la combinación de múltiples factores (características físicas del terreno, decisiones de política habitacional, comportamiento de la población, intereses de grupos económicos, entre otros). Estudiarlos colabora en la disminución de la incertidumbre al identificar los sitios donde se producen, en qué magnitud experimentan variaciones y con qué categorías de uso y coberturas presentan una mayor dinámica, y contribuyen a la obtención de insumos para la planificación y el ordenamiento del territorio.

Para llevar a cabo este análisis se utilizó un par de mapas de usos del suelo para cada una de las ciudades, conformado por un mapa correspondiente al año 1990 y otro correspondiente al año 2016, entendiendo que se trata de una ventana temporal de alrededor de un cuarto de siglo que puede ser suficiente para analizar los dos aspectos antes señalados y porque además 1990 coincide, como mencionan diversos autores, con el inicio del proceso de crecimiento urbano en ciudades intermedias determinado por la expulsión de la población rural debido a la adopción del modelo agroexportador de la última década del siglo pasado.

Para la construcción de los mismos se han utilizado imágenes provenientes de la misión Landsat 5 (sensor TM) y Landsat 8 (sensor OLI). En particular para el año 2016 se utilizaron, además, imágenes de mayor resolución (*Google Earth*) que permitieron comprobar los resultados de la clasificación de tipo supervisada.

Las cinco categorías de usos de suelo analizadas en este estudio, corresponden a aquellas que se discriminan con mayor claridad y presentan un comportamiento espectral suficientemente diferenciado, dada la resolución espacial de las imágenes satelitales con las que se ha trabajado. Para la elección de estas categorías o clases se consideraron antecedentes referidos a estudios de cambios de usos de suelo en el ámbito urbano, normativa vigente y el conocimiento de las características propias de cada una de las ciudades.

Los resultados manifiestan el aumento del consumo de suelo urbano sin una correlación fuerte con el incremento poblacional, la variabilidad de las cubiertas en términos de ganancias, pérdidas, cambios e intercambios. En particular, se hace énfasis sobre el estudio de la categoría denominada Área Urbana Consolidada (AUC) y su crecimiento como consecuencia de la variabilidad del total de las categorías. Se completa el capítulo

con la presentación de la cartografía temática derivada de las métricas calculadas tales como pérdidas y ganancias y transiciones, entre otras, las que le agregan valor a la interpretación de las mismas.

3.2. METODOLOGÍA

En este apartado se describe la metodología seguida para analizar la evolución de la población, construir los mapas de usos de suelo en cada una de las ciudades estudiadas y analizar los cambios experimentados en y entre los usos de suelo para los años 1990 y 2016.

En primer lugar, la información poblacional surgió de los datos estadísticos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) de la Argentina, esta permitió describir el crecimiento poblacional para cada ciudad en este lapso. Asimismo se utilizaron datos de la misma fuente en relación a las proyecciones y estimaciones de población a nivel departamental como herramienta para disminuir la incerteza propia del desconocimiento del comportamiento real que tendrá la misma a futuro, y estimar en base a aquellos, los valores de población con los que contará cada ciudad.

En segundo lugar, para estimar la variabilidad de las cubiertas, los datos de imágenes proporcionados por las fuentes fueron tratados con recursos tecnológicos, software o aplicaciones que permiten su tratamiento y posteriormente obtener nueva información. En este caso se destaca el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG/GIS) y, en particular, del Modelador de Cambios del Terreno disponible en el software IDRISI desarrollado por la Universidad de Clark (<https://clarklabs.org/>).

3.2.1. ACERCA DE LOS MAPAS DE USOS DEL SUELO

Para la concreción de los análisis de cambios de usos de suelo fue preciso construir los mapas de usos de suelo de cada una de las ciudades en cada momento considerado. Para ello, se recurrió al empleo de imágenes satelitales provistas por la misión Landsat 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) y Landsat 8 sensor OLI (*Operational Land Imager*), según la disponibilidad en función de las fechas consideradas (www.earthexplorer.usgs.gov, fecha de visita: 28 de Junio de 2016). Para cada ciudad se consideraron dos imágenes (Tabla N° 3.1)

Tabla N° 3.1. Denominación de las imágenes utilizadas según Path y Row⁴⁷. Fechas de captura de cada imagen.

Ciudad	Path/Row	Fecha de captura	
		1990	2016
Curuzú Cuatiá	225/081	08/06	15/06
Paso de los Libres			
Goya	226/080	15/06	22/06

Fuente: Elaboración propia.

Las imágenes seleccionadas están referidas al sistema WGS 84 (Datum WGS 84). Se utilizó la proyección Universal Trasversa Mercator, zona 21 sur (UTM 21S). Como éstas imágenes fueron utilizadas como insumo principal del trabajo y no se contaba con cartografía de interés para este trabajo en tales fechas para considerar como referencia, no se les realizó un ajuste posicional. Para su representación se consideró el sistema de coordenadas geográfico.

Posteriormente se realizó el recorte y obtención del *subset* del ejido urbano de las ciudades y sus alrededores para ambas fechas. Para lograr esta delimitación se utilizó una máscara basada en el polígono urbano provisto por el IGN (www.ign.gov.ar, fecha de visita: agosto de 2015), y con el fin de evitar que en el segundo momento analizado la mancha urbana exceda la extensión delimitada por el IGN, se la amplió en 1 kilómetro para las ciudades de Curuzú Cuatiá y Goya, y en 1,5 kilómetros para el caso de la ciudad de Paso de los Libres⁴⁸ utilizando para ello un *buffer*⁴⁹ de polígono.

En este punto cabe mencionar que las capas de información geoespacial de formato vectorial provistas por el IGN se encuentran referidas al Sistema WGS 84 y el Marco de referencia POSGAR 07. Como el propósito de trabajar con estas capas fue el de delimitar el área de estudio de tal manera de incluir aquellos espacios que abarcaban el área

⁴⁷ “Las imágenes LandSat tienen una dimensión aproximada de 180 Km por 180 Km de cubrimiento. Para denominar las imágenes se utiliza una grilla mundial en el que se identifica cada imagen de forma unívoca por un Path (franja vertical) y un Row (fila horizontal)” (Disponible en http://www.biesimci.org/Satelital/Original/Landsat/indices/Landsat_path.html).

⁴⁸ Esta distancia surgió como consecuencia de varios ensayos previos en los que se pudo constatar que el valor de 1,50 kilómetros fue suficiente para contener la mancha urbana.

⁴⁹ “Las áreas cubiertas por estos polígonos reflejan las zonas de influencia de cada entidad, influencia que se considera la ejerce hasta una distancia dada. Pueden verse también en de forma inversa, como una influencia recibida, de tal modo que todos los elementos dentro de la zona de influencia afectan a la entidad que la genera”. (Olaya, 2014: 846)

urbanizada y por tal motivo se extendió su superficie, no fue necesario realizar ajustes de ningún tipo.

El paso siguiente fue el mejoramiento visual de las imágenes. En este caso se ensayaron numerosas composiciones y se alcanzó el mejor detalle y discriminación de las cubiertas en las composiciones que se exponen a continuación (Tabla N°3.2) las que conservan la resolución espacial de 30 metros.

Tabla N° 3.2. Composición de bandas elegidas para cada ciudad, según la misión considerada para cada año.

Ciudad	Landsat 5-TM	Landsat 8-OLI
Curuzú Cuatiá	4-5-3	5-4-3
Paso de los Libres	7-5-3	7-6-4
Goya	5-4-3	7-5-3

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se identificaron las distintas cubiertas y se elaboró la leyenda. Esta etapa consistió en establecer las categorías o clases consideradas las más representativas de las tres ciudades estudiadas. Para alcanzar la leyenda definitiva (Tabla N° 3.3) se consultaron por un lado numerosos trabajos previos cuyos antecedentes han sido relevantes y fueron expuestos en el desarrollo del apartado que se refiere a los “cambios de usos del suelo como consecuencia de la expansión urbana” del capítulo 2, y por otro lado la normativa vigente representadas por ordenanzas municipales y planes de ordenamiento. Asimismo se consideraron las características físicas del sitio que ocupan las ciudades, como por ejemplo, la presencia de cuerpos y cursos de agua, que surgen del reconocimiento o inspección visual de imágenes de alta resolución que actuaron como fuentes complementarias junto con la observación en terreno. A continuación se describe la leyenda elaborada:

Tabla N° 3.3. Categorías presentes en la clasificación supervisada (leyenda).

Denominación	Descripción	Ejemplo
<p>Área Urbana Consolidada. AUC</p>	<p>El área urbana comprende todo aquel fraccionamiento en manzanas o unidades equivalentes, determinadas total o parcialmente por calles, como asimismo aquellas parcelas que no estando fraccionadas 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.⁵⁰</p>	
<p>Área Periurbana. AP</p>	<p>- Área a consolidar: Aquéllas con servicio de alumbrado público o de agua potable, como mínimo. - De expansión: Aquélla contigua a las anteriores con posibilidades de conexión a redes de provisión de servicios, vinculados con vía o calle pública existente⁵¹.</p>	
<p>Infraestructura. INF</p>	<p>Considera las rutas provinciales y nacionales, vías férreas, defensas, aeropuertos e infraestructura relacionada con las actividades urbanas y rurales.</p>	

⁵⁰ Ley Orgánica de las Municipalidades / Ley N° 4752

⁵¹ Ley Orgánica de las Municipalidades / Ley N° 4752

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 parterres y jardines centrales en vías públicas.	

Fuente: Elaboración propia.

La última parte de esta etapa consistió en la adquisición de muestras y clasificación de imágenes.

Las muestras espectrales de cada categoría informacional, para cada momento de análisis, fueron recogidas en múltiples ocasiones hasta alcanzar una adecuada discriminación entre ellas. Esta labor se apoyó en la comparación reiterada de las firmas espectrales que, en cada ocasión, arrojaron las muestras. Como apoyo para la obtención de muestras se emplearon imágenes de *Google Earth* con mayor resolución espacial a fin de lograr una mejor adquisición de muestras de cada categoría. La siguiente tabla resume información referida al muestreo realizado:

Tabla N° 3.4. Tamaño de las muestras discriminadas por clase, utilizadas para las confección de los mapas de usos del suelo de las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres en los años 1990 y 2016.

Clase	Curuzú Cuatiá		Goya		Paso de los Libres	
	1990	2016	1990	2016	1990	2016
INF	159	116	258	297	184	194
CCA	95	167	554	263	434	47
AUC	66	270	646	710	220	470
AVCVU	29	97	252	122	78	304
AP	107	53	93	125	131	150
TOTAL	456	703	1803	1517	1047	1165

Fuente: Elaboración propia.

Esta etapa del proceso resultó concluyente, tanto para consolidar la leyenda empleada (Tabla N° 3.3 *up supra*) como para avanzar hacia la clasificación supervisada.

La clasificación se apoyó en un clasificador automatizado de tipo supervisado que emplea el criterio de máxima probabilidad, “el cual permite ajustar con mayor robustez la disposición original de los datos” (Molina, 1998, cit. en López Vázquez y Plata Rocha, 2009: 89). Dicho clasificador automatizado usa como base a las firmas espectrales obtenidas de las muestras adquiridas y asigna cada píxel a la categoría a la cual es más probable que pertenezca.

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 3×3 ⁵².

3.2.1.1. Evaluación de la clasificación.

Como base de comparación para esta etapa se utilizaron imágenes satelitales *Landsat* disponibles en *Google Earth*® de fechas pasadas y, como las mismas eran aún anteriores a los años sobre las que se deseaba trabajar (30/12/85), se hizo uso también de las imágenes *Landsat* mencionadas en el apartado anterior para el año 1990. Para el caso del año 2016, dada la disponibilidad de imágenes se usaron únicamente las presentes en *Google Earth*® cuyas fechas fueron: 16/05/16 para Curuzú Cuatiá, 29/04/16 para Goya, y 11/06/16 para Paso de los Libres.

El muestreo realizado de los píxeles considerados en esta etapa fue aleatorio por estratos. Como establece Congalton (1988) el tamaño de la muestra debe representar aproximadamente el 1% de la superficie cartografiada. Para los casos estudiados se muestrearon 259 píxeles para Curuzú Cuatiá, 354 píxeles para Paso de los Libres y 312 para la ciudad de Goya, de forma proporcional al tamaño de cada clase.

Para determinar la confiabilidad de los resultados obtenidos se confeccionó una matriz de confusión⁵³ que permite comparar los píxeles muestreados en una asignación uno a uno con los píxeles de las imágenes de *Google Earth*®, y determinar las coincidencias o no

⁵² “Los filtros de suavizado (también conocidos como filtros de paso bajo) provocan una pérdida de foco en la imagen. Este efecto se consigue disminuyendo las diferencias entre píxeles contiguos (...) La cantidad de suavizado puede ser controlada, al igual que en el caso de aplicarse sobre otro tipo de capas ráster, mediante el tamaño de la ventana (...) Filtros como el de mayoría o moda, que da como valor resultante de la celda aquel que se repite más entre las celdas circundantes, pueden también aplicarse para estos fines (...)” (Olaya, 2012:395-397)

⁵³ El ordenamiento de esta matriz suele ser tal que la verdad del terreno aparece en columnas, mientras que las unidades cartografiadas (mapa) aparecen en las filas de la matriz. La tabla así formada presenta una visión general de las asignaciones, tanto de las correctas (elementos de la diagonal) como de las migraciones o fugas (elementos fuera de la diagonal) (Pina, 2015).

entre las clases definidas. Si las categorías de los píxeles analizados resultan coincidentes serán contabilizados en la diagonal principal de la matriz mencionada, caso contrario se localizará en la clase a la que corresponda conformando los errores por omisión (píxeles asignados en una clase según el usuario pero que el clasificador asignó a otra) o por comisión (píxeles clasificados en determinada categoría pero que fueron definidos de otra forma por el usuario). En base a toda esta información se obtendrá la fiabilidad global y por categoría. En términos de Chuvieco (1995) usando esta matriz podemos encontrar las coincidencias entre las categorías, la fiabilidad de cada clase y las principales confusiones.

Mediante la fórmula $F_m = \frac{\sum x_{ii}}{n} \cdot 100$, es posible obtener cierto valor de fiabilidad del mapa a partir de la muestra, donde $\sum x_{ii}$ representa la sumatoria de los valores presentes en la diagonal principal de la matriz y n el tamaño de la muestra.

En base a esta medida y con sustento de la teoría del muestreo es posible determinar intervalos de confianza dentro de los cuales se encontraría la exactitud real de la clasificación. Estos intervalos se calculan con la expresión siguiente:

$$F = F_m \pm z \cdot E$$

Donde, z es la “abscisa de la curva normal para un nivel determinado de probabilidad” (Chuvieco, 1995:387) pues estamos trabajando con una variable de tipo binomial y E es el error estándar de muestreo que se determina como sigue:

$$E = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}$$

Siendo p es el porcentaje de aciertos, q el porcentaje de fallos y n el tamaño de la muestra. Cabe mencionar que los intervalos de confianza que se pueden calcular dependerán además del nivel de significación α considerado y del nivel de probabilidad consecuente $(1 - \alpha)$.

Además de estas métricas, se calculará el valor de *Kappa* que determina el acuerdo entre la clasificación y lo considerado verdadero en la realidad considerando solo la medida de exactitud de tal clasificación sin tomar en cuenta el acuerdo esperable debido simplemente al azar. El valor de *Kappa* se determinará mediante la expresión:

$$K = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)}$$

Donde $P(A)$ representa el acuerdo observado o proporción de celdas coincidentes y $P(E)$ representa el acuerdo esperado o proporción de acuerdo esperada sujeta a la distribución observada (Hagen, 2002).

3.2.2. CAMBIOS DE USOS DE SUELO

Los análisis de cambios de usos del suelo cuyos resultados se detallaran en este capítulo se han llevado a cabo utilizando el modelador de cambios de terreno (*Land Change Modeler* - LCM) del Software IDRISI. Mediante este modelador se determinaron cambios netos, ganancias y pérdidas experimentados por cada categoría, y transiciones e intercambios entre categorías, es decir la variabilidad entre las cubiertas. El LCM ofrece resultados en forma gráfica y cartográfica. Los cambios se detectan mediante la comparación de los pares de mapas de usos de suelo de distintas fechas creados para cada una de las ciudades y la compulsa de la categoría presente en cada pixel para cada una de los momentos considerados.

Estos trabajos 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 categoría, determinar los cambios ocurridos entre las categorías temáticas representadas en los dos mapas de diferente tiempo (Figura N° 3.1). 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, aquellos píxeles que se encuentran fuera de la diagonal principal representan las transiciones entre las diferentes categorías, es decir, los píxeles que se han movido de una categoría a otra.

Figura N° 3.1. Matriz de tabulación cruzada.

	Time 2				Total time 1	Loss
	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4		
Time 1						
Category 1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{1+}	$P_{1+} - P_{11}$
Category 2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{2+}	$P_{2+} - P_{22}$
Category 3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{3+}	$P_{3+} - P_{33}$
Category 4	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{+}	$P_{4+} - P_{44}$
Total time 2	P_{+1}	P_{+2}	P_{+3}	P_{+4}	1	
Gain	$P_{+1} - P_{11}$	$P_{+2} - P_{22}$	$P_{+3} - P_{33}$	$P_{+4} - P_{44}$		

Fuente: Pontius *et al.*, 2004.

Con el propósito de ser más explícitos a continuación se definen cada uno de los conceptos trabajados mediante la matriz de transición (Tabla N° 3.5).

Tabla N° 3.5. Definición de conceptos clave en el análisis de cambios de uso del suelo.

Concepto	Definición
Cambio neto	<p>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).</p> $CN(X_i) = Sup(X_i)_{T_2} - Sup(X_i)_{T_1} $
Persistencia	<p>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).</p>
Ganancia	<p>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) fue de alguna otra superficie $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$, con $i \neq j$. El valor de la misma se calculará mediante la diferencia:</p> $Sup(X_i)_{T_2} - Pers(x_i)$
Pérdida	<p>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) fue de alguna superficie $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$, con $i \neq j$. El valor de la misma se calculará mediante la diferencia:</p> $Sup(X_i)_{T_1} - Pers(x_i)$
Cambio total	<p>Respecto de una categoría de análisis X_i: Sumatoria de 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).</p> $CT(X_i) = Gan(X_i) + Perd(X_i)$

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 superficie perdida por la categoría X_i entre el T_2 (segundo momento considerado) y el T_1 (primer momento considerado). $Inter(X_i) = 2 \cdot \min\{Gan(X_i); Perd(X_i)\}$
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). $Trans(X_i)_{T_1} = (X_j)_{T_2}; i \neq j$

Fuente: Elaboración propia basado en Pontius *et al.*, 2004.

3.3. RESULTADOS

3.3.1. CURUZÚ CUATIÁ

En ocasión del censo de población 1991, la ciudad de Curuzú Cuatiá contaba con 28.806 habitantes, posteriormente en 2001 el conteo arrojó 31.875 personas y en el último censo de 2010 alcanzó a 34.466 habitantes (INDEC, 2010). Si consideramos las proyecciones y estimaciones del INDEC para el año 2016, la ciudad ya habría superado los 37.000 habitantes aproximadamente, representado así un incremento total entre 1991 y 2016 del 28,45%, en términos absolutos se trata de unas 8.194 personas (Tabla N° 3.6)

Tabla N° 3.6. Población en la ciudad de Curuzú Cuatiá en los años 1991, 2001, 2010 y proyección al año 2016. Variación intercensal (en valores absolutos y porcentuales).

Incremento total de población en 25 años.

Curuzú Cuatiá				
Año	Cantidad de Habitantes	Variación Intercensal	%	Incremento en 25 años
1991	28.806	3.069	10,65	28,45%
2001	31.875			
2010	34.466	2.591	8,13	
2016	37.000	2.534	7,35	

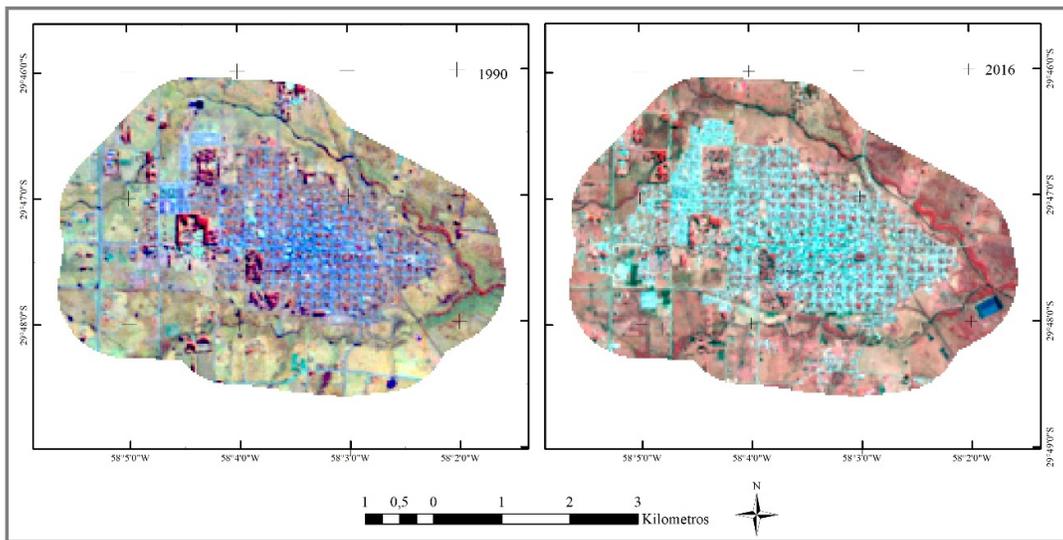
Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que la primera década estudiada experimenta un aumento de la población mayor que en los periodos siguientes. Esta variación disminuye en un 16% (2,52%) en la década siguiente y vuelve a disminuir al año 2016. Dado que la década aún está en transcurso, existe la posibilidad de que en los cuatro años restantes las variaciones se emparejen.

3.3.1.1. Usos del suelo

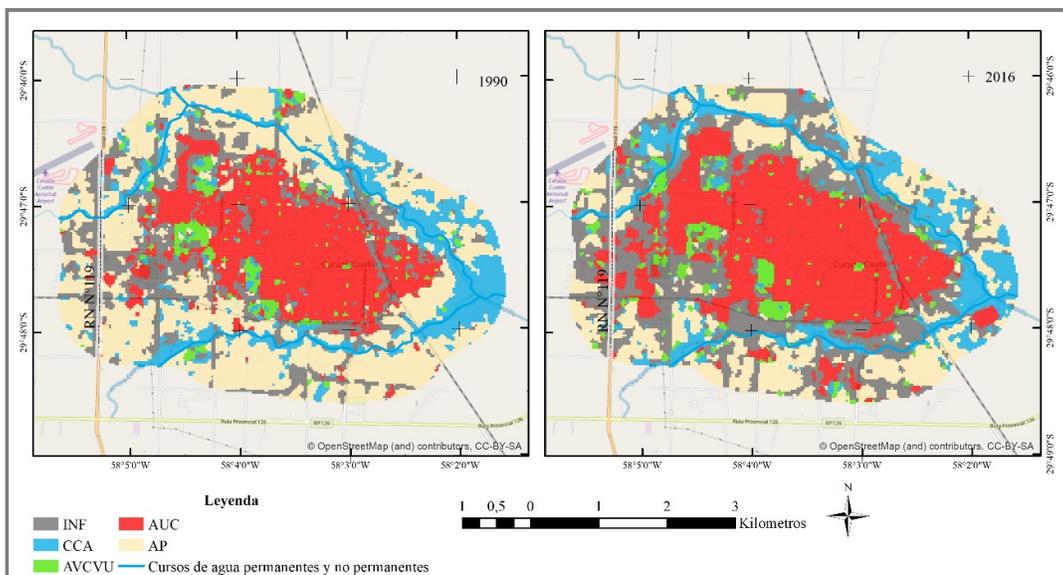
Un primer análisis visual de las imágenes satelitales (Carta Imágen N° 3.1.a y N° 3.1.b) y los mapas temáticos de usos de suelo (Mapas Temáticos N° 3.1.a y N° 3.1.b) muestran, además de una clara expansión hacia el oeste hasta alcanzar, y en algunos casos sobrepasar, la ruta nacional N° 119, una fuerte consolidación en el centro y, en el oriente, sitios en los que dejan de observarse numerosos intersticios o aberturas en la categoría urbana consolidada.

Carta Imagen N° 3.1.a. (1990) y N° 3.1.b. (2016): Mancha Urbana de Curuzú Cuatiá.



Fuente: Elaboración Propia en base a Imágenes Landsat 5 TM – composición 4-5-3 y Landsat 8 OLI – Composición 5-4-3.

Mapas Temáticos N° 3.1.a. (1990) y N° 3.1.b. (2016). Usos de suelo de Curuzú Cuatiá.



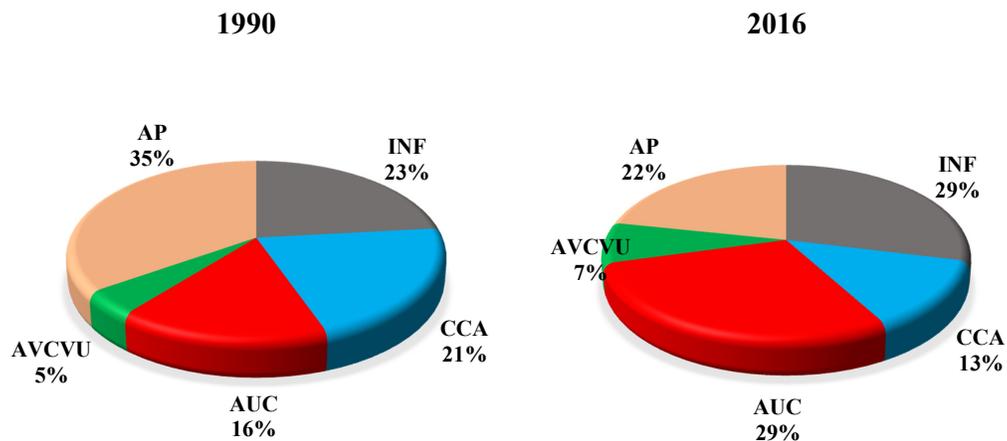
Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada.

Los gráficos N° 3.1.a y N° 3.1.b representan las proporciones de superficie de cada una de las categorías para cada año considerado y cómo han evolucionado en el término de 26 años.

Es posible evidenciar una disminución de superficie en las clases AP y CCA, mientras que las clases INF, AUC y AVCVU han experimentado aumentos. Por otro lado, en el primer momento de estudio, la categoría AP representaba la mayor porción de superficie respecto del total, característica que pasaron a adoptar las categorías INF y AUC luego de 26 años.

Por otro lado, tanto la categoría AUC como AP han experimentado una variación de superficie de 13 Has, reflejando, en comparación con las categorías restantes, la mayor diferencia (en valor absoluto) en el periodo de estudio.

Gráficos 3.1.a. (1990) y 3.1.b. (2016). Superficie según categoría en la ciudad de Curuzú Cuatíá.



Fuente: Elaboración Propia en base a clasificación supervisada.

La expansión de la clase AUC se desarrolla respetando un convenio firmado en 1985 entre el municipio de la ciudad y la dirección de planeamiento del Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la provincia, a través del cual se limita la expansión teniendo en cuenta las áreas de anegamiento que pueden ocasionar los desbordes de los arroyos Curuzú Cuatíá al norte y Castillo al sur (Carta Imagen N° 1.1 Capítulo 1 *up supra*). Asimismo, inicialmente, la expansión de la ciudad se vió impulsada por la erección de conjuntos de viviendas bien servidas destinadas a militares en el sector noroeste, como así también a barrios financiados a través del FONAVI (Fondo Nacional de Viviendas) (Mari, 2000b). En la actualidad los “nuevos” espacios clasificados como área urbana consolidada se asocian a emergentes áreas residenciales de iniciativa particular, planes de

vivienda social, construcciones vinculadas a diversas actividades y servicios urbanos. La infraestructura que aparece como un anillo externo al AUC se asocia, además de la red vial y ferroviaria, a la actividad del comercio mayorista que requiere, entre otras instalaciones, de depósitos y galpones. Análogamente se incluyen en esta categoría a los establecimientos y equipamientos asociados a las labores rurales que proveen bienes y servicios para satisfacer las necesidades de tal actividad.

3.3.1.2. Cambios de Usos de Suelo

3.3.1.2.1. Variabilidad de las cubiertas según persistencia, ganancias, pérdidas, cambio neto y cambio total.

Como se dijo previamente, la matriz de tabulación cruzada (Tabla N° 3.7) contiene la superficie total de cada categoría para cada momento y permite conocer la dinámica o comportamiento de las clases o categorías de usos de suelo analizadas. Por su parte, el modelador de cambios del terreno (*Land Change Modeller* de Idrisi), permite la obtención de mapas y gráficos que colaboran en la interpretación y análisis de las ganancias, pérdidas, cambios e intercambios entre categorías.

Si consideramos el año inicial, el 43,9% del área de estudio se mantiene estable, en este sentido, la mayor persistencia en términos relativos de superficie, corresponde al AUC (76,53%) seguida por el AP (41,52%); la INF, los CCA y el AVCVU permanecen estables en menos del 50% de la superficie que ocupaban en 1990.

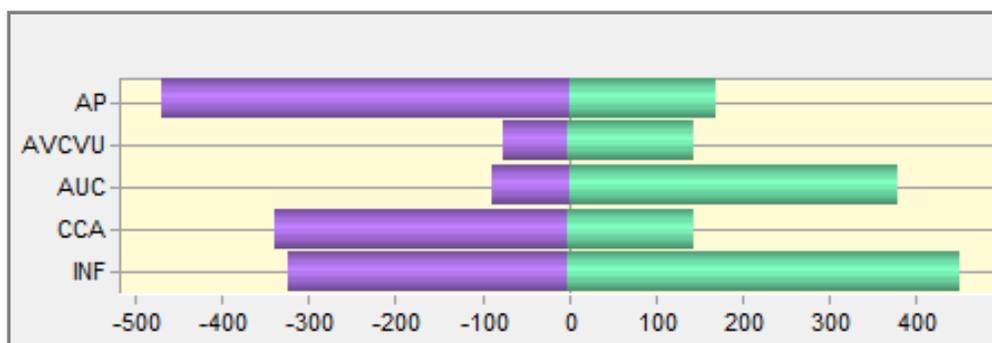
Tabla N° 3.7. Matriz de tabulación cruzada (valores expresados en hectáreas).

		2016					
		INF	CCA	AUC	AVCVU	AP	Total
1990	INF	213,84	30,96	175,23	35,91	82,89	538,83
	CCA	124,92	155,16	89,01	49,14	75,15	493,38
	AUC	49,68	5,49	287,82	29,07	4,05	376,11
	AVCVU	22,77	18,72	27,81	27,09	7,38	103,77
	AP	256,23	92,25	88,20	33,12	333,63	803,43
	Total	667,44	302,58	668,07	174,33	503,10	2315,52

Fuente: Elaboración Propia.

También es posible visualizar cuánto ha ganado y perdido cada categoría (Gráfico N° 3.2). Así vemos que el AP, la INF y los CCA son las categorías que pierden mayor cantidad de superficie. No obstante, la INF también es la que más ha ganado superficie, adquiriendo el mayor dinamismo entre las diferentes categorías, razón por la cual es importante analizar también el cambio neto como se verá a continuación (Tabla N° 3.8)

Gráfico N° 3.2. Superficie de ganancias y pérdidas por categorías entre 1990 y 2016 (valores expresados en hectáreas).



Fuente: Elaboración propia.

El cambio neto permite conocer cuán variable es una categoría de uso de suelo en el lapso considerado, en ese sentido, las categorías que incrementaron su superficie en los 26 años que se analizan fueron la INF (128,61 Has, o sea un 19,27% de aumento), el AUC (291,96 Has, lo que significa un 43,7% de crecimiento) y el AVCVU (70,56 Has, es decir un 40,47%). En oposición, las categorías CCA y AP disminuyeron su superficie en 190,80 Has (63,03%) y 300,33 Has (59,70%) en cada caso (Tabla N° 3.8).

Tabla N° 3.8. Cambios y transiciones entre categorías (valores expresados en hectáreas).

	Cambio total	Cambio neto	Ganancia	Perdida	Intercambio
INF	778,59	128,61	453,6	324,99	649,98
CCA	485,64	190,80	147,42	338,22	294,84
AUC	468,54	291,96	380,25	88,29	176,58
AVCVU	223,92	70,56	147,24	76,68	153,36
AP	639,27	300,33	169,47	469,8	338,94
Total	2595,96	982,26	1297,98	1297,98	1613,7

Fuente: Elaboración Propia.

Sin embargo, si analizamos los intercambios de superficie entre cubiertas advertimos que no existe coincidencia entre la categoría de mayor cambio neto y la categoría de mayor intercambio, ya que, como vimos, la categoría AP es la de mayor cambio neto, mientras que la categoría INF es la de mayor intercambio (Tabla N° 3.8). Se debe tomar en cuenta que el intercambio, dada su definición, expresa el doble de la ganancia o la pérdida de cada categoría⁵⁴, es decir, que para un determinado valor de ganancia (o pérdida) de una categoría se gana (o se pierde) la misma cantidad.

Por otro lado, el cambio total es un concepto relevante al momento de conocer la dinámica o variabilidad de las cubiertas, ya que la utilización aislada del cambio neto *per se* no permite apreciar las mutaciones que se producen entre las cubiertas. En efecto, el análisis del cambio total y del intercambio son métricas que enriquecen el conocimiento de las transformaciones (cambio neto + intercambio) ocurridas. En este caso es también la clase INF la que presenta mayor cambio total (778,59 Has), seguida por la categoría AP (639,27 Has), luego la clase CCA (485,64 Has), y finalmente las clases AUC y AVCVU (468,54 y 223,92 Has respectivamente) (Tabla N° 3.8).

Siguiendo con este análisis, si se tomara en cuenta solo el análisis del cambio neto sufrido por la totalidad del área de estudio que fue de poco menos de 1000 Has aproximadamente,

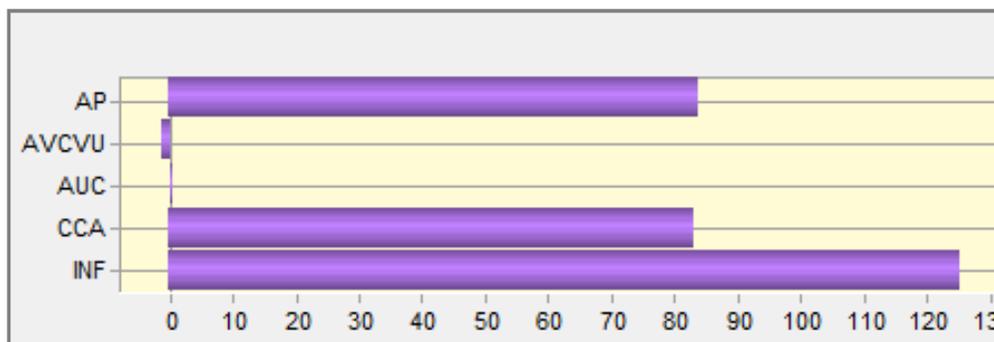
⁵⁴ Recordemos (Ver tabla N° 3.4 *up supra*) que se considera el valor mínimo entre ambas posibilidades.

se estaría subestimando en más de 1600 Has la dinámica de cambio real reflejadas por el cambio total que es de 2595,96 Has.

3.3.1.2.2. Dinámica del área urbana consolidada (AUC)

Entre 1990 y 2016 el cambio neto del AUC fue de 291,96 Has, este valor surge a partir de la disminución, descenso o pérdida de superficie en las otras clases o categorías que se han considerado en este análisis. En este orden de indagación las categorías que aportaron en mayor medida al incremento de la clase urbana consolidada fueron la INF (125,55 Has), el AP (84,15 Has) y los CCA (83,52 Has). La única categoría que no aportó al incremento del AUC fue el AVCVU (Gráfico N° 3.3).

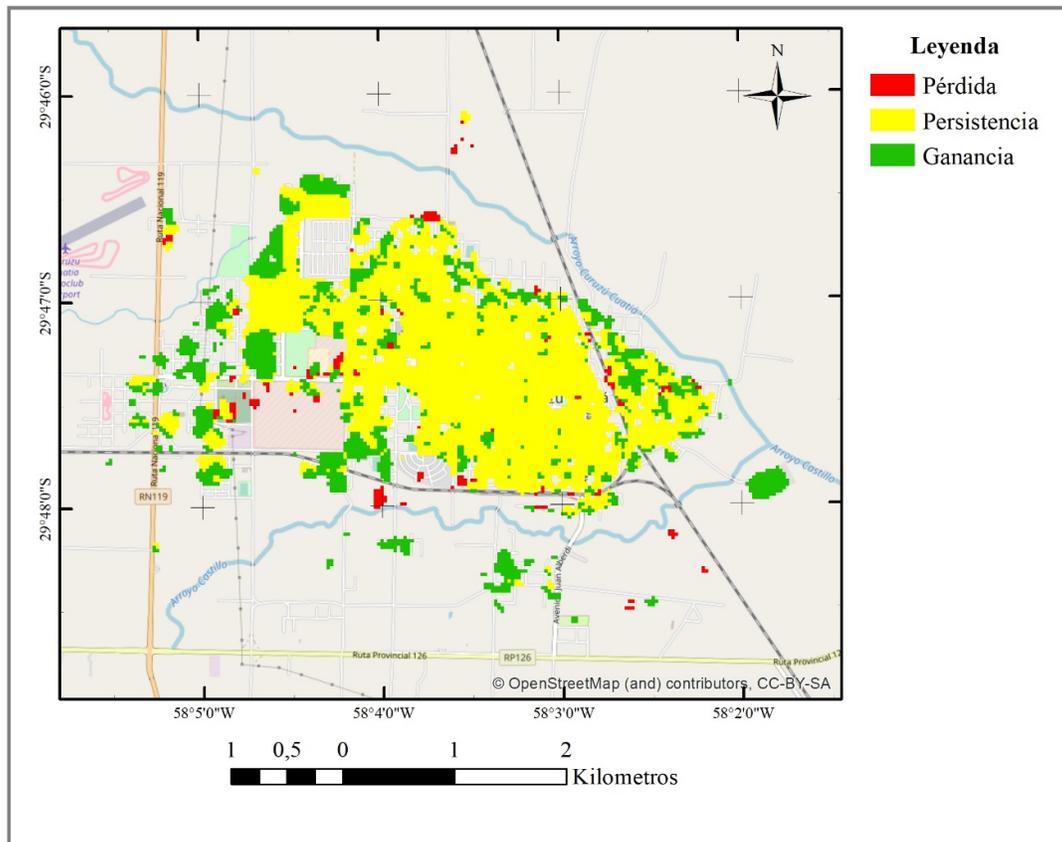
Gráfico N° 3.3. Superficies de contribuciones de cada categoría al cambio neto del Área Urbana Consolidado entre 1990 y 2016 (valores expresados en hectáreas).



Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a la espacialidad de este cambio (Mapa Temático N° 3.2) es posible señalar, en términos generales, que el área de mayor variabilidad es el sector periférico que envuelve la superficie de persistencia de AUC apreciándose mayores expansiones en el sector sur y oeste y también una franja de alta continuidad de ganancias en el límite noreste próximo al arroyo Curuzú Cuatía. En cuanto a las pérdidas de AUC no se distingue un patrón específico, sino que son espacios e intersticios dispersos en el área que se analiza.

Mapa Temático N° 3.2. Espacialidad de las ganancias y pérdidas en la categoría Área Urbana Consolidada (AUC).



Fuente: Elaboración Propia.

Sintetizando, la categoría AUC registró un cambio total de 468,54 Has que supera ampliamente la mitad de lo reflejado por el valor de cambio neto que es de 291,96 Has (Tabla N° 3.8). Esto significa que el AUC tuvo intercambios con las restantes categorías analizadas que no se ven reflejados en el dato brindado por el cambio neto ni en el valor que aporta cada una de las otras categorías, razón por la cual esta información estadística y espacial es relevante al momento de planificar ya que, por ejemplo, el AUC y el AVCVU se ven mutuamente influenciadas modificándose recíprocamente en casi el 100%. En menor magnitud, el AUC y la INF son influenciadas entre sí y se modifican recíprocamente en más del 75% (Tabla N° 3.9).

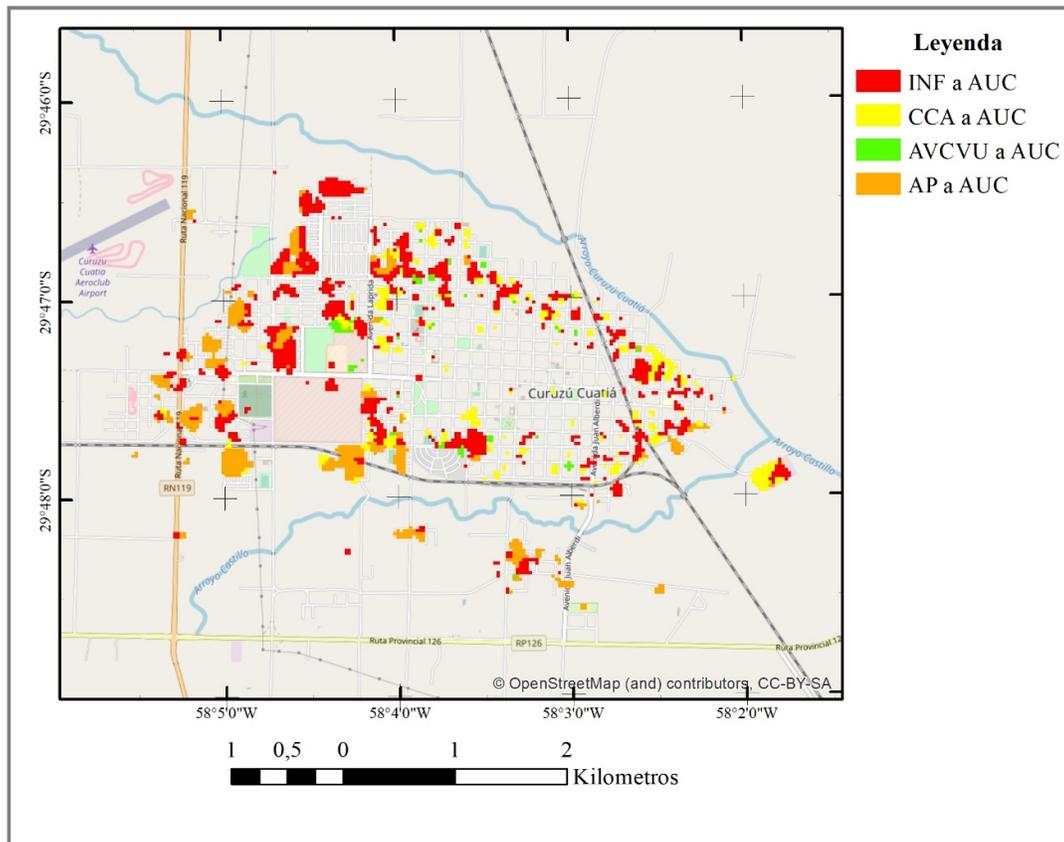
Tabla N° 3.9. Transiciones entre categorías que involucran al AUC (valores expresados en hectáreas).

Leyenda	Has	Leyenda	Has	Diferencia en Has
INF a AUC	175,23	AUC a INF	49,68	125,55
CCA a AUC	89,01	AUC a CCA	5,49	83,52
AVCVU a AUC	27,81	AUC a AVCVU	29,07	-1,26
AP a AUC	88,20	AUC a AP	4,05	84,15
Totales	380,25	Totales	88,29	291,96

Fuente: Elaboración propia.

El mapa temático N° 3.3 nos permite visualizar la espacialidad de estas transiciones, advirtiéndose cuáles son los espacios de INF que pasan a formar parte del AUC, se trata de áreas circundantes que originalmente formaban parte de instalaciones o servicios destinados a actividades tanto urbanas como rurales, es decir galpones, almacenes, depósitos, que en el segundo momento se adicionan al AUC. En cuanto a los CCA son también tributarios; en este caso es interesante apreciar que estos espacios se ubican en la periferia encerrando al AUC, se trata de sectores anegadizos que son recuperados para urbanización pero con las potenciales consecuencias de riesgo por inundación debido al desborde de los arroyos. En cuanto a la superficie que aporta el AP se trata de sectores que corresponden al sur, suroeste y oeste coincidiendo con el área de mayor expansión de Curuzú Cuatiá.

Mapa Temático N° 3.3. Espacialidad de las transiciones de las distintas categorías al AUC entre 1990 y 2016.



Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. GOYA

La ciudad de Goya, registró en el año 1991 una población de 56.840 habitantes, 66.709 habitantes en 2001, 71.606 habitantes en 2010 y se estimó para el año 2016 una población de 74.400 habitantes, incrementando de esta manera un 30,89% su población en el lapso de 25 años, lo que en términos absolutos representa 17.557 habitantes (Tabla N° 3.10).

Tabla N° 3.10. Población en la ciudad de Goya en los años 1991, 2001, 2010 y proyección al año 2016. Variación intercensal (en valores absolutos y porcentuales).

Incremento total de población en 25 años.

Año	Cantidad de Habitantes	Variación Intercensal	%	Incremento en 25 años
1991	56.840	9.869	17,36	30,89%
2001	66.709			
2010	71.606	4.897	7,34	
2016	74.400	2.794	3,9	

Fuente: Elaboración propia en base a INDEC, 1991, 2000, 2010 y Proyecciones y Estimaciones al año 2016.

Entre 1991 y 2001 hubo una variación intercensal muy superior a la experimentada en la década siguiente, este valor disminuyó casi un 60%. De la misma manera, aunque en menor proporción, el último periodo analizado ha disminuido casi un 50%, valor que aún puede modificarse en los 4 años que restan para finalizar la década.

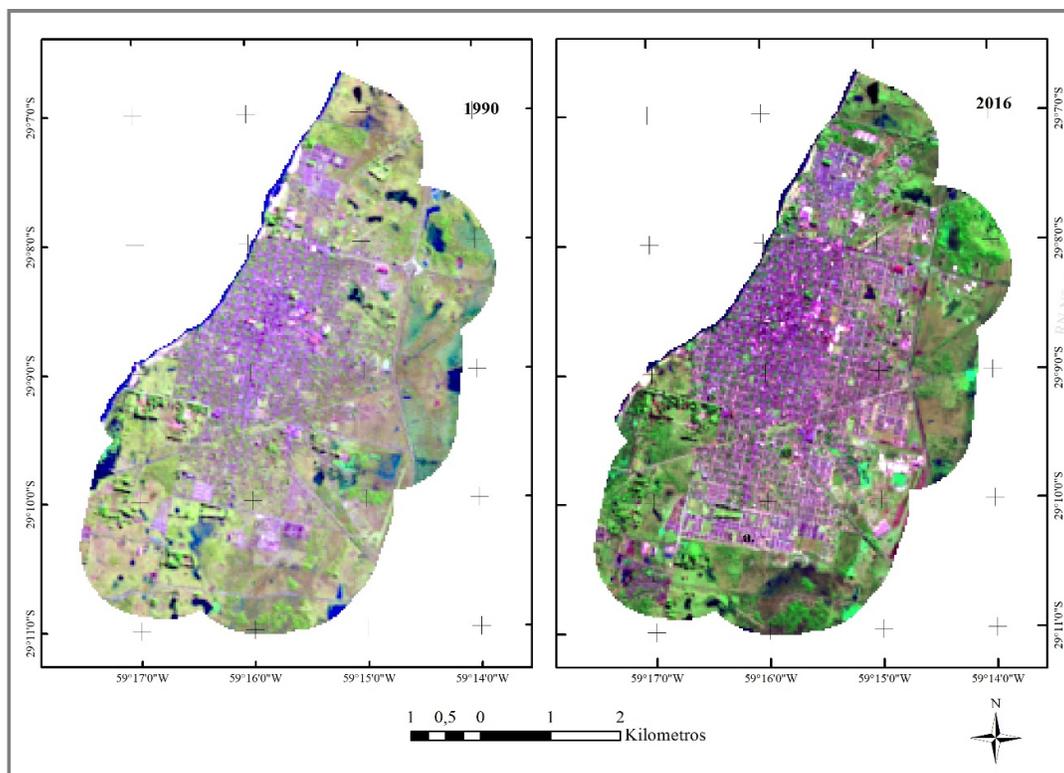
3.3.2.1. Usos del suelo

Las imágenes satelitales (Carta Imagen N° 3.2.a y N° 3.2.b) junto con los mapas de usos de suelo resultantes de la clasificación supervisada (Mapas Temático N° 3.4.a y N° 3.4.b) permiten observar un evidente avance de la categoría AUC sobre las restantes. El mismo, 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.

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 la expansión hacia el sector sur y sudeste se fortaleció debido a la edificación de barrios planificados por el estado o viviendas sociales, destinados a la reubicación de la población afectada por la histórica inundación de principios de 1998, y a loteos particulares posteriores (Mari, 2000b).

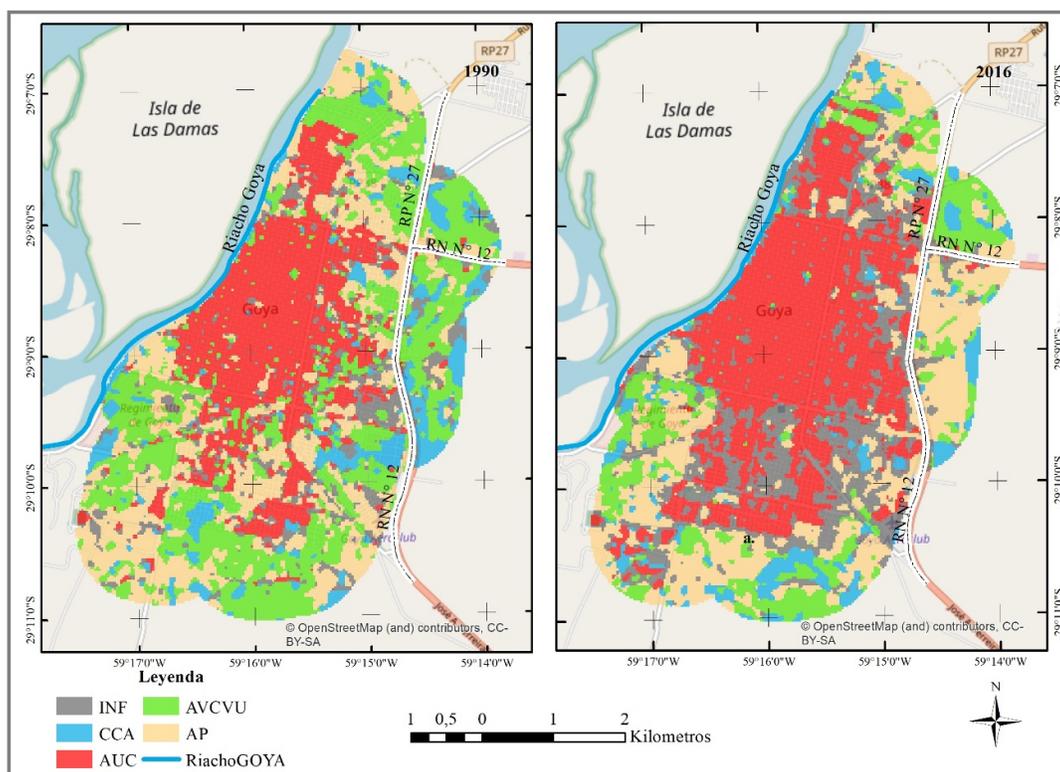
Asimismo, entre los factores de desarrollo importantes para el avance del AUC puede destacarse la presencia de las Rutas Provincial N° 27 y Nacional N° 12 al este de la ciudad, la construcción de las defensas definitivas de la ciudad y la pavimentación de los accesos a los barrios planificados antes 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, 2000b). Por otro lado, se evidencia una fuerte consolidación de la categoría, disminuyendo los intersticios existentes en la clasificación del año 1990.

Carta Imagen N° 3.2.a. (1990) y N° 3.2.b. (2016). Mancha Urbana de Goya.



Fuente: Elaboración Propia en base a Imágenes Landsat 5 TM – composición 5-4-3 y Landsat 8 OLI –
Composición 7-5-3

Mapas Temáticos N° 3.4.a. (1990) y N° 3.4.b. (2016). Usos de suelo de Goya.



Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada.

Respecto de las restantes categorías, la inspección visual de los mapas clasificados y el cálculo de las proporciones de superficie de cada categoría respecto del total (Gráficos N° 3.4.a. y N° 3.4.b.), se puede afirmar que el 10% de aumento de superficie de la categoría INF se experimenta particularmente en el sector sur, acompañado del aumento de superficie urbana ya mencionado, y en menor medida en el norte y este de la ciudad.

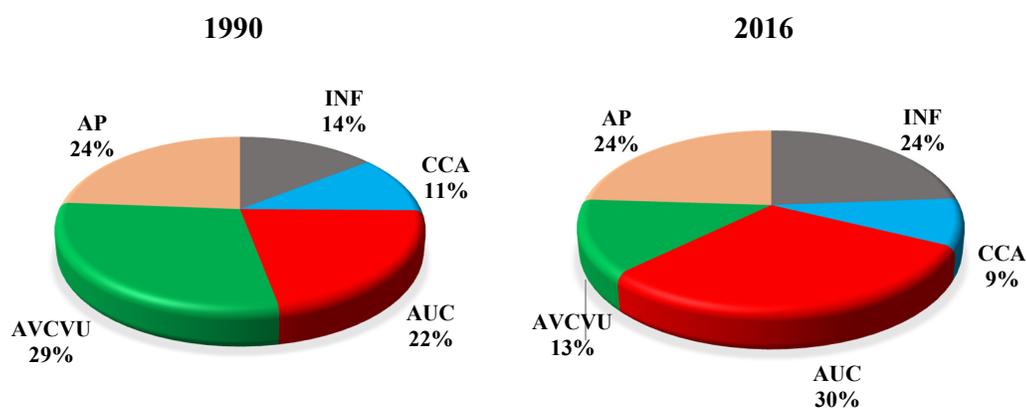
Por su parte, la clase AVCVU ha experimentado un descenso del 16% de superficie final entre los años analizados (es el mayor valor de diferencias entre las categorías) y este descenso se puede apreciar en todos los espacios que circundan el AUC, sin respetar un patrón especial.

La clase AP manifiesta una superficie total aproximadamente igual al 24% tanto en el año 1990 como en el año 2016.

Por último, la clase CCA experimentó un descenso de superficie mínimo (2%). Respecto de estas últimas dos categorías, los mapas de usos del suelo permiten apreciar que la distribución en el espacio de esta categoría, a pesar de conservar (aproximadamente para

el caso de los CCA) su valor de superficie final, no conserva la localización de la misma, lo que se traduce en movimiento e intercambios con las categorías restantes, que no se ven reflejados con los valores finales de superficie.

Gráficos N° 3.4.a. (1990) y N° 3.4.b. (2016). Superficie según categoría en la ciudad de Goya.



Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada.

3.3.2.2. Cambios de usos de suelo

3.3.2.2.1. Variabilidad de las cubiertas según persistencia, ganancias, pérdidas, cambio neto y cambio total

Los valores arrojados por la matriz de tabulación cruzada (Tabla N° 3.11) muestran un porcentaje de persistencia, del 43,85%. Por su parte, la persistencia relativa de cada categoría en relación a la superficie que abarcaba en el año 1990 muestra que la clase AUC presenta el mayor valor (79,35%), seguida por estabilidades mucho menores experimentadas por las clases restantes AP 37,39 %, INF 34,65%, CCA 33,84% y AVCVU 30,84%.

Tabla N° 3.11. Matriz de tabulación cruzada (valores expresados en hectáreas).

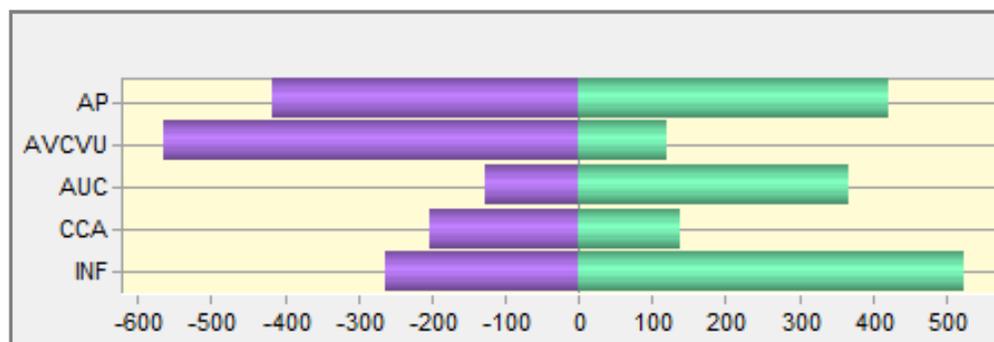
		2016					
		INF	CCA	AUC	AVCVU	AP	Total
1990	INF	139,14	32,31	120,87	25,47	83,79	401,58
	CCA	57,96	102,87	43,47	38,52	61,2	304,02
	AUC	99	9,45	483,75	4,41	13,05	609,66
	AVCVU	148,05	69,03	83,61	251,64	263,61	815,94
	AP	219,6	25,2	117,9	52,83	248,16	663,66
	TOTAL	663,75	238,86	849,6	372,87	669,78	2794,86

Fuente: Elaboración propia

Respecto de los valores fuera de la diagonal principal de la matriz, cobran importancia por un lado el avance considerable del efecto antrópico sobre el AP (219,6 Has de AP pasaron de ser clasificados como INF en 26 años y 117,9 Has de AP pasaron a ser AUC en el mismo lapso de tiempo), y por otro lado el avance sobre la misma categoría del AVCVU (263,52 Has).

Los valores de ganancias, pérdidas, cambio neto, cambio total e intercambio se incluyen en la tabla N° 3.12; las categorías INF y AUC experimentaron aumentos en su superficie final, los que se reflejan en el denominado Cambio Neto (Gráfico N° 3.6), influenciado directamente por los valores de ganancia y pérdida de cada clase o categoría analizada; la INF ganó casi el doble de lo que perdió y el AUC ganó aproximadamente el triple de lo perdido. Por su parte, los CCA y el AVCVU disminuyeron su superficie final, dada la pérdida de cerca del 50% más que lo que ganó en la clase CCA y la pérdida experimentada por la clase AVCVU de 564,3 Has muy superior a la ganada de 121,23 Has. Por último, el AP se mantuvo prácticamente estable ha aumentado solo 6,12 Has (Gráfico N° 3.5).

Gráfico N° 3.5. Superficies de ganancias y pérdidas por categoría (valores expresados en hectáreas).



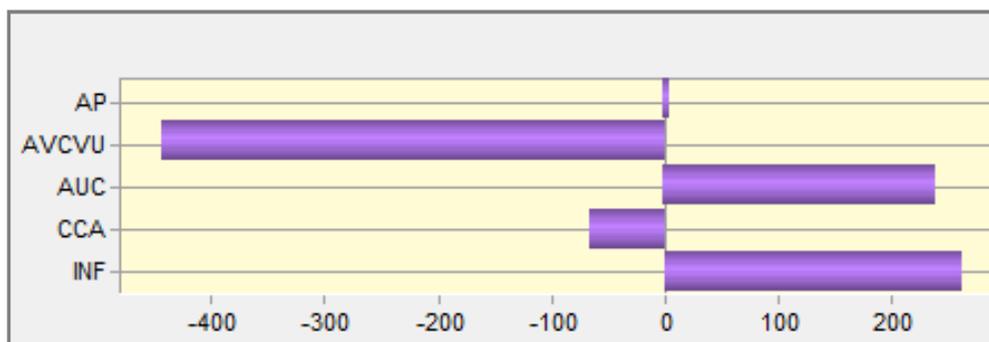
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 3.12. Cambios y transiciones entre categorías (valores expresados en hectáreas).

	Cambio Total	Cambio Neto	Ganancia	Pérdida	Intercambio
INF	787,05	262,17	524,61	262,44	524,88
CCA	337,14	65,16	135,99	201,15	271,98
AUC	491,76	239,94	365,85	125,91	251,82
AVCVU	685,53	443,07	121,23	564,3	242,46
AP	837,12	6,12	421,62	415,5	831
Total	3138,6	1016,46	1569,3	1569,3	2122,14

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 3.6. Superficies de cambio neto por categoría (valores expresados en hectáreas).



Fuente: Elaboración Propia

Respecto de los valores expuestos de cambio total experimentado por cada categoría, las diferencias con el cambio neto para cada clase representan la actividad que ha existido en el transcurso de estos años entre las categorías. De este modo, todas las clases muestran (como es de esperar) un cambio total superior al neto (Tabla N° 3.12), es decir han procesado movimientos inter-clases ($\text{Cambio Total} - \text{Cambio Neto} = \text{Intercambios}$) que no se reflejan en el valor de cambio neto (Gráfico N° 3.6). Un ejemplo claro es el cambio total experimentado por el AP que alcanza 837,12 Has contra 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.

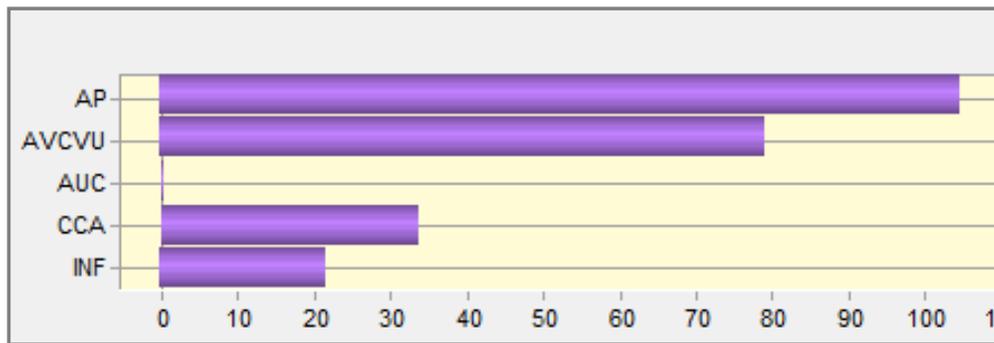
Un razonamiento análogo, a lo expresado en el párrafo anterior, muestra que tomando en cuenta la superficie total del área de estudio, el cambio total experimentada (3138,6 Has) triplica al valor de cambio neto calculado (1016,46 Has).

3.3.2.2.2. Dinámica del área urbana consolidada (AUC)

El cambio neto experimentado por esta categoría en el lapso de 26 años fue de 239,94 Has. Este valor engloba los cambios experimentados tanto en forma de ganancias como de pérdidas. Los mismos, para esta categoría, representan 365,84 Has y 125,91 Has respectivamente (Tabla N° 3.12).

El gráfico N° 3.7 muestra en qué medida cada una de las clases han aportado para obtener el valor de cambio neto antes expuesto. De esta manera, los mayores aportes al cambio neto del AUC se debieron a los tributos de las clases AP y AVCVU (105 Has y 79 Has respectivamente). En menor medida, las clases CCA e INF aportaron a la superficie final del AUC en 35 Has y 22 Has respectivamente.

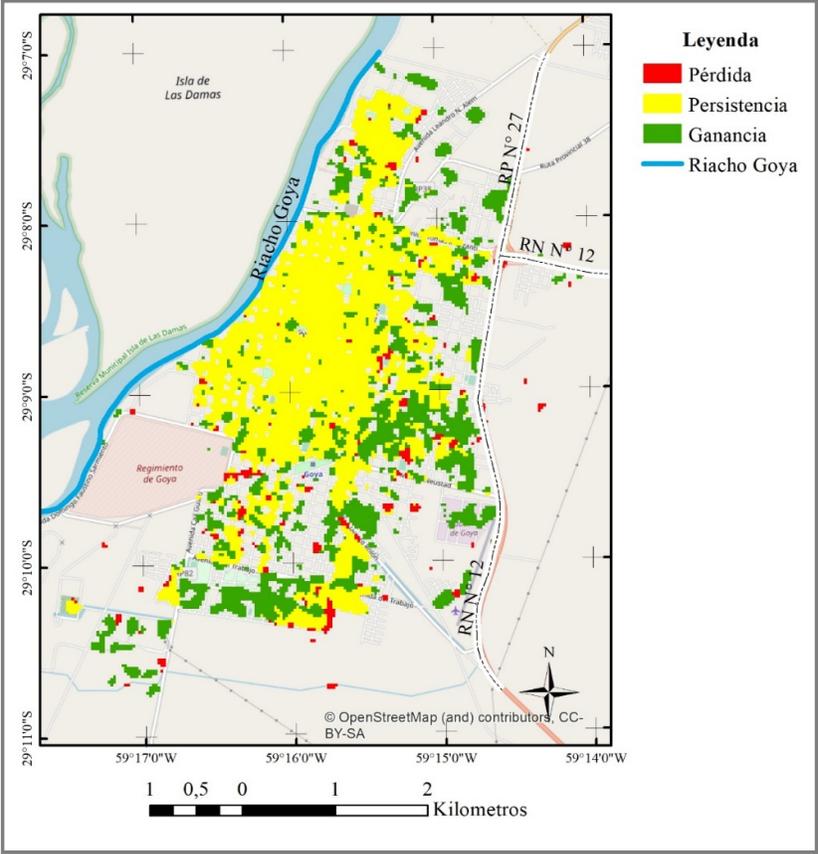
Gráfico N° 3.7. Superficies de contribuciones de cada categoría al cambio neto del Área Urbana Consolidada entre 1990 y 2016 (valores expresados en hectáreas).



Fuente: Elaboración Propia.

Respecto de la localización de los cambios experimentados por la clase AUC, en el mapa temático N° 3.5 se evidencia su avance en relación al año 1990, dentro de los límites establecidos por las barreras físicas constituidas por las defensas definitivas de la ciudad y al Oeste la presencia del riacho Goya. En relación a las pérdidas de suelo urbano consolidado, los espacios se encuentran en general dispersos y sin respetar un patrón específico. Por su parte, mediante el mismo mapa se evidencia la alta persistencia presente en la categoría.

Mapa Temático N° 3.5. Espacialidad de las ganancias, pérdidas en la categoría Área Urbana Consolidada (AUC).



Fuente: Elaboración Propia

En referencia a la dinámica reflejada por el cambio total del suelo urbano consolidado, 491,76 Has (más del doble de lo que expresa el cambio neto), la tabla N° 3.13 resume la información tomada en cuenta para el cálculo final de ambos valores considerando la variabilidad total de la cubierta.

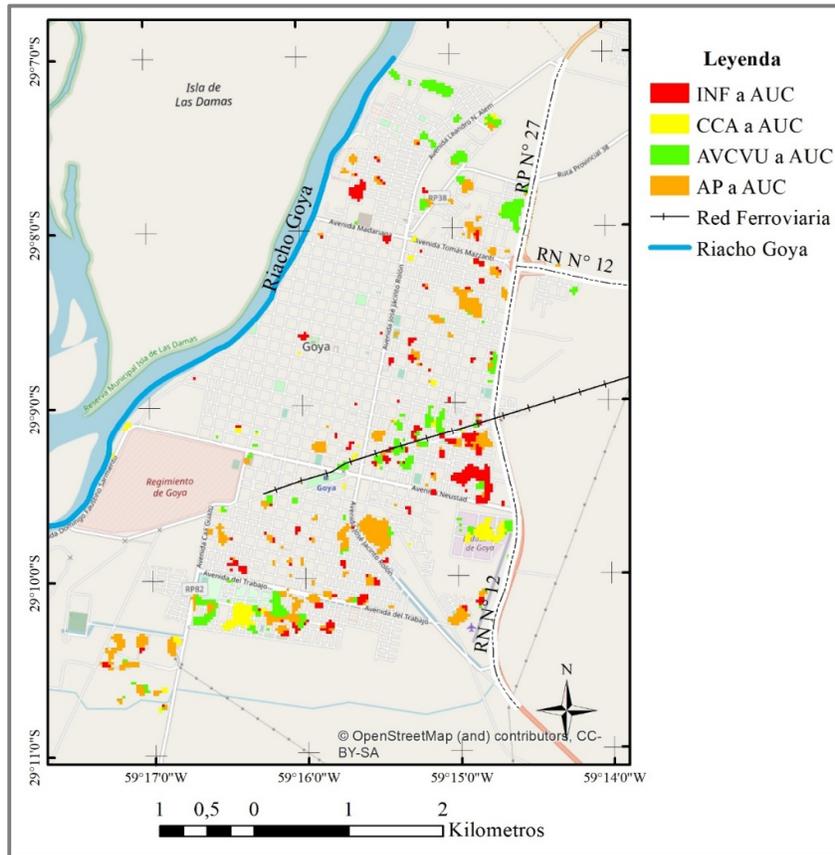
Tabla N° 3.13. Transiciones entre categorías que involucran al AUC (valores expresados en hectáreas).

Leyenda	Has	Leyenda	Has	Diferencia en Has
INF a AUC	120,87	AUC a INF	99	111,87
CCA a AUC	43,47	AUC a CCA	9,45	33,02
AVCVU a AUC	83,61	AUC a AVCVU	4,41	79,2
AP a AUC	117,90	AUC a AP	13,05	104,85
Totales	365,85	Totales	125,91	328,94

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de transiciones de todas las categorías al AUC se visualizan espacialmente en el mapa temático N° 3.6 que muestra la distribución de los aportes al aumento de la superficie de la clase AUC en el segundo momento. En mayor proporción, la clase INF, reclasificada en el año 2016 como AUC, colabora a la consolidación de esta última, ubicándose en espacios que interrumpían la continuidad de la categoría en el año 1990. Por su parte, los aportes de la clase CCA se agrupan en mayor medida en la región sur, donde se han localizado conjuntos habitacionales, y en la región sureste donde se asentó el parque industrial de la ciudad. Respecto a la clase AVCVU, las contribuciones al AUC también se encuentran dispersas por toda el área de estudio, aportando mayor cantidad de superficie en sectores ubicados al norte y al sur del AUC, colaborando asimismo a la continuidad de la misma, como así también en espacios cercanos a la vía del ferrocarril. Por último, la clase AP tuvo un comportamiento similar en cuanto a su distribución espacial, con mayor identificación en el sector sur de la trama urbana consolidada y en el noreste en cercanías de la circunvalación de la Ruta Nacional N° 12.

Mapa Temático N° 3.6. Espacialidad de las transiciones de las distintas categorías al AUC entre 1990 y 2016.



Fuente: Elaboración Propia

3.3.3. PASO DE LOS LIBRES

La información brindada por el INDEC en relación a la ciudad de Paso de los Libres permite calcular un incremento poblacional del 33,66% en 25 años (11.433 habitantes en términos absolutos) pasando de registrar 33.967 habitantes en 1991, 40.494 habitantes en 2001, a 43.251 habitantes en 2010 y estimando al 2016, 45.400 habitantes (Tabla N° 3.14).

Tabla N° 3.14. Población en la ciudad de Paso de los Libres en los años 1991, 2001, 2010 y proyección al año 2016. Variación intercensal (en valores absolutos y porcentuales). Incremento total de población en 25 años.

Año	Cantidad de Habitantes	Variación Intercensal	%	Incremento en 25 años
1991	33.967	6.527	19,22	33,66%
2001	40.494			
2010	43.251	2.757	6,81	
2016	45.400	2.149	4,97	

Fuente: Elaboración propia en base a INDEC, 1991, 2000, 2010 y Proyecciones y Estimaciones al 2016.

En la primera década analizada se experimentó un aumento de la población muy superior que en las décadas siguientes. La variación de la población entre los censos disminuyó en más del 60% y se advierte que entre la década del 2001 y a partir del 2010, el aumento de la población muestra una disminución, aunque es posible que en los años que restan para completar la década, ambos porcentajes empaten.

3.3.3.1. Usos del suelo

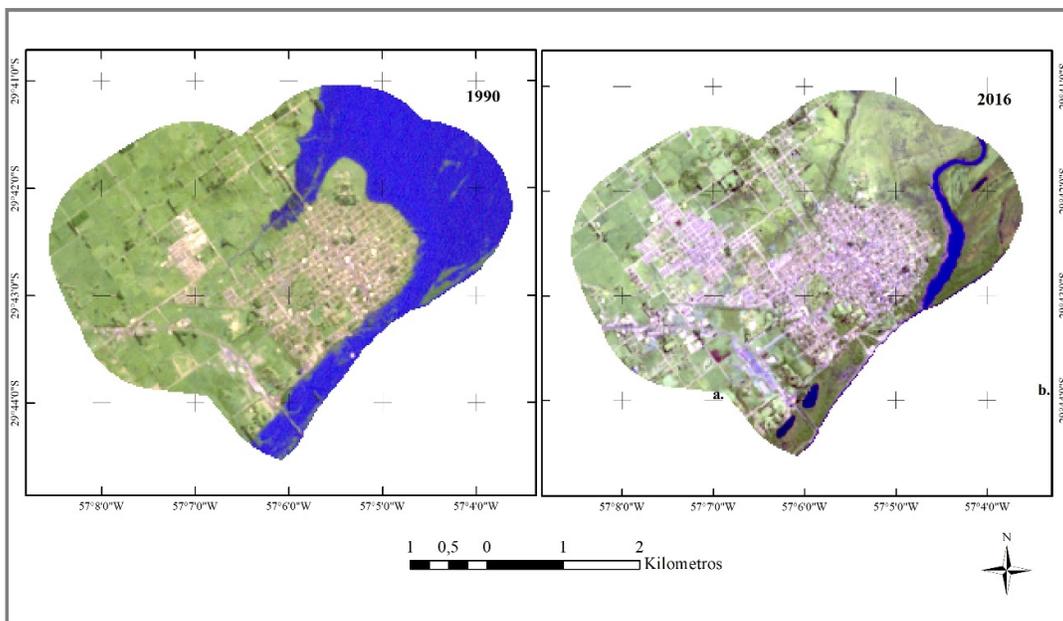
A través de la observación de las imágenes satelitales (Carta Imagen N° 3.3.a y N° 3.3.b) y los mapas de usos de suelo (Mapas Temáticos N° 3.7.a y N° 3.7.b) surgidos de la clasificación supervisada, es posible advertir claramente el aumento y avance de la categoría AUC por sobre las demás. Este avance se experimenta hacia la mayoría de los puntos cardinales con excepción del este y sureste de la ciudad dada la presencia del Río Uruguay.

Entre los factores importantes para el avance del AUC puede destacarse la presencia de la Ruta Nacional N° 117 y el incremento la pavimentación urbana que permitió la conectividad entre el centro a un importante sector urbanizado conformado principalmente por barrios planificados y construidos por el Instituto de Viviendas de Corrientes (INVICO), la instalación del puente sobre el arroyo La Despedida y la

extensión del servicio de dos líneas de transporte urbano de pasajeros (PEOT, 2013). Sin embargo, “importantes sectores se han ido ocupando en un crecimiento desordenado, discontinuo y en muchos casos de manera irregular y precaria, sin el soporte básico de infraestructuras y servicios y sin una legislación que las ampare” (PEOT, 2013:113).

Además, se evidencia una fuerte consolidación del área central incluso en áreas de bajas alturas próximos a los arroyos Yatay y La Despedida, y en los sectores aledaños a las vías del ferrocarril⁵⁵.

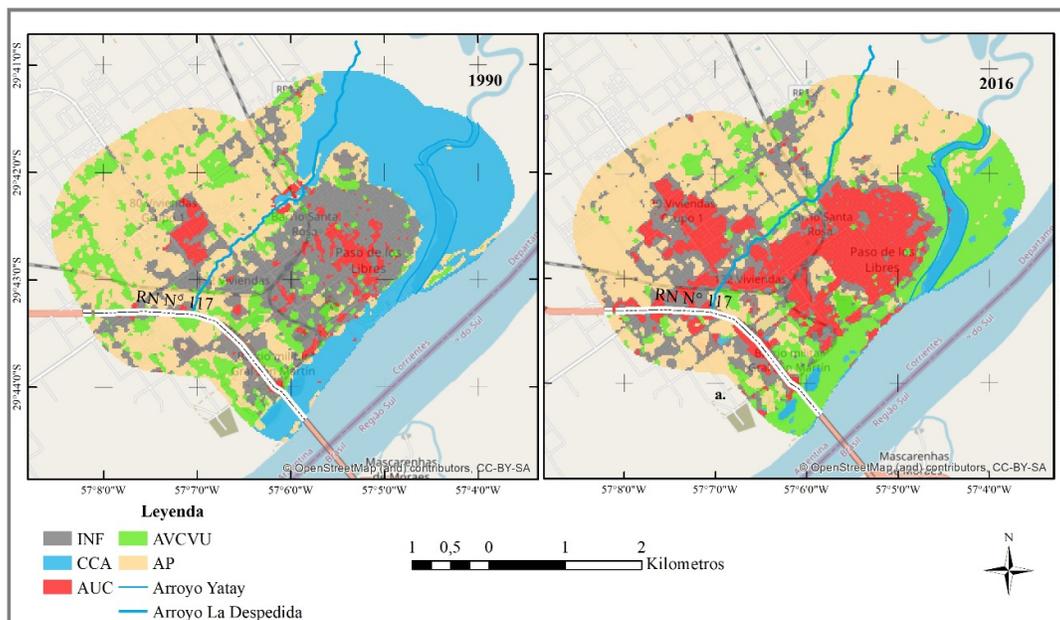
Carta Imagen N° 3.3.a. (1990) y N° 3.3.b. (2016). Mancha Urbana de Paso de los Libres.



Fuente: Elaboración Propia en base a imágenes Landsat 5 TM – composición 7-5-3 y Landsat 8 OLI – Composición 7-6-4

⁵⁵ “Existe un tipo de ocupación del suelo para el uso residencial, irregular, principalmente en áreas afectadas por algún elemento del sistema hídrico –ríos, arroyos-, en zonas de borde de la estructura urbana o linderas a las vías del ferrocarril. En el primer caso, debe señalarse que los bordes de ríos y arroyos constituyen un espacio enormemente complejo, no sólo por el grado de urbanización o intensidad de uso, sino además por los conflictos dominiales y legales que en general presentan. En el caso del Arroyo La Despedida, se le suma a esto el alto riesgo ambiental y de seguridad que significa la ocupación de sus riberas con asentamientos permanentes” (PEOT, 2013:113).

Mapas Temáticos N° 3.7.a. (1990) y N° 3.7.b. (2016). Usos de suelo de Paso de los Libres.

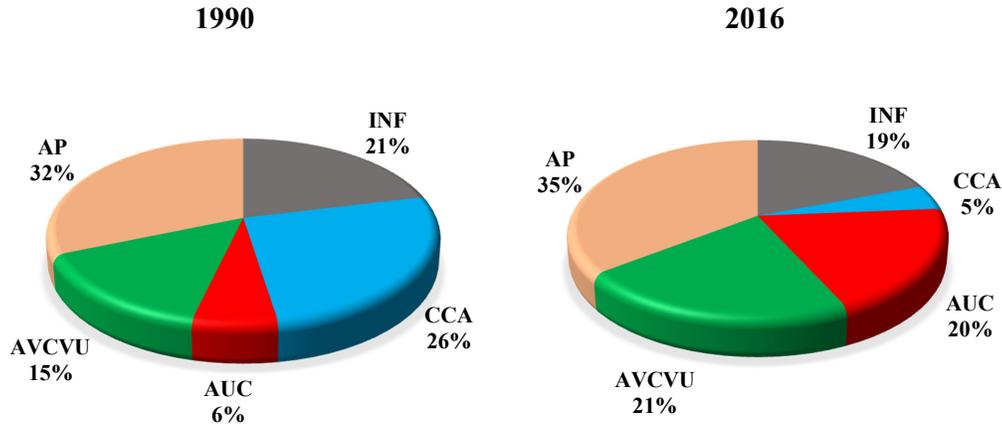


Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada.

Respecto de las proporciones de superficie ocupadas por cada categoría en cada uno de los momentos de estudio (Gráficos N° 3.8.a y N° 3.8.b), es notable la disminución de superficie experimentada por la categoría CCA al pasar de tener un 26% del total a tan solo el 5% en 25 años (la cantidad de superficie perdida es la mayor entre todas las categorías definidas)⁵⁶. La clase AUC fue la segunda en términos de diferencias de superficie en el lapso estudiado en valor absoluto, incrementándola en un 14%.

⁵⁶ Es necesario aclarar que este comportamiento se debe a incremento del espejo de agua debido a la creciente del Río Uruguay en el año 1990, que para la fecha de captura de las imágenes utilizadas en este estudio alcanzó los 10,87 metros, en oposición a los 2,46 metros alcanzados en el año 2016. (Información disponible en: <http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/MuestraDatos.aspx?Estacion=13802>)

Gráficos N° 3.8.a. (1990) y N° 3.8.b. (2016). Superficie según categoría en la ciudad de Paso de los Libres.



Fuente: Elaboración propia en base a clasificación supervisada.

3.3.3.2. Cambios de usos de suelo

3.3.3.2.1. Variabilidad de las cubiertas según persistencia, ganancias, pérdidas, cambio neto y cambio total

La matriz de tabulación cruzada (Tabla N° 3.15) pone en evidencia el movimiento considerable que se da entre todas las categorías (transiciones).

Mediante el análisis de los valores presentes en la diagonal principal, es posible determinar una estabilidad del 38,4% de la superficie total. En particular, tomando como referencia la superficie de cada categoría en el año 1990, las clases AUC y AP son las que experimentaron una mayor estabilidad relativa (79,78% y 55,56% respectivamente). Por su parte, las restantes categorías registraron una permanencia relativa menor al 37% (INF 36,6%, CCA 14,37% y AVCVU 30,45%).

Continuando el análisis sobre la persistencia (valores de la diagonal principal), Pontius *et al.* (2004) han afirmado que en general son valores que dominan en la mayoría de las clases, incluso en aquellas que hayan tenido importantes cambios. Sin embargo esta premisa no se cumple en el caso particular de la categoría CCA ya que las transiciones de ésta a las categorías AVCVU y AP son mayores. Esta afirmación se corrobora en los mapas temáticos N° 3.8.a. y N° 3.8.b. que permiten apreciar la superficie que abarca el

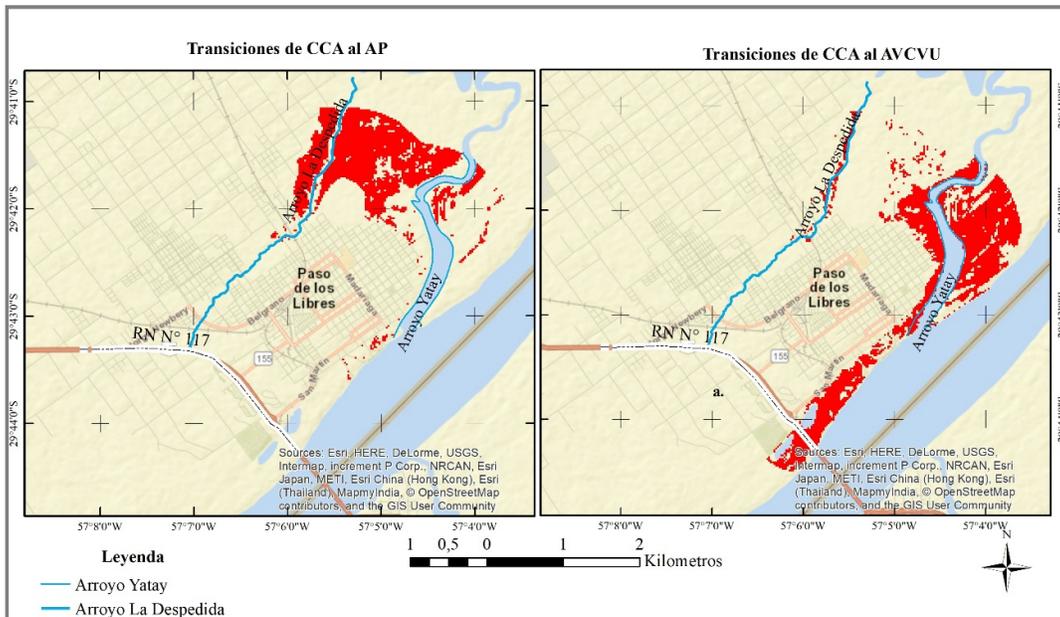
incremento del espejo de agua debido a la creciente del Río Uruguay en el año 1990, como ya se mencionó.

Tabla N° 3.15. Matriz de tabulación cruzada (valores expresados en hectáreas)

		2016					
		INF	CCA	AUC	AVCVU	AP	Total
1990	INF	244,98	5,04	307,26	30,87	81,99	670,14
	CCA	37,08	120,06	13,32	363,15	302,04	835,65
	AUC	22,05	2,25	156,87	9,36	6,12	196,65
	AVCVU	91,17	8,82	48,33	144,27	181,17	473,76
	AP	213,39	5,58	91,08	129,96	550,17	990,18
	Total	608,67	141,75	616,86	677,61	1121,49	3166,38

Fuente: Elaboración Propia

Mapas Temáticos N° 3.8.a. y N° 3.8.b. Transiciones de la categoría CCA a las categorías AP y AVCVU entre los años 1990 y 2016.

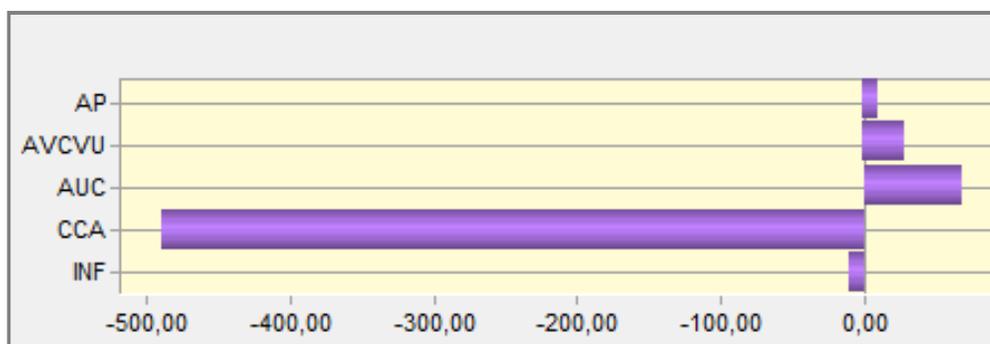


Fuente: Elaboración Propia

Los registros incluidos en la tabla N° 3.15 también permiten determinar las ganancias y pérdidas, útiles para el cálculo del cambio neto y el cambio total y de los intercambios entre categorías.

El cambio neto de las categorías se aprecia en el gráfico N° 3.9, allí vemos que las categorías AUC, AVCVU y AP son las que han aumentado su superficie en el periodo de tiempo analizado (68,12%, 30,08% y 11,71% respectivamente). A la inversa, los CCA y la INF disminuyeron su superficie en 489,52% y 10,10% respectivamente.

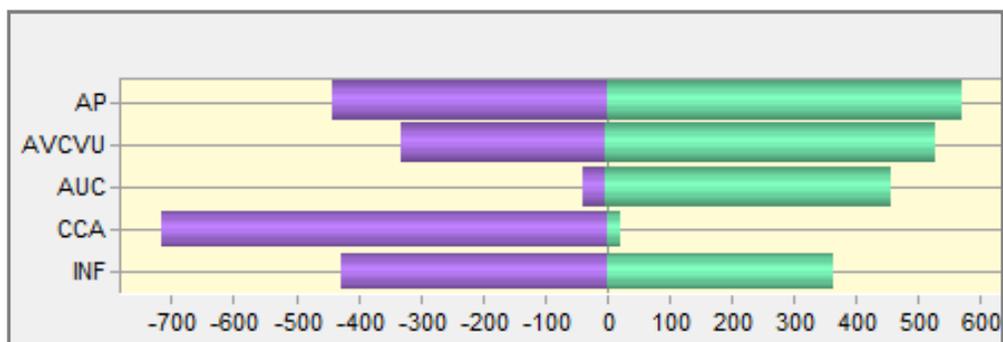
Gráfico N° 3.9. Superficies de cambio neto por categoría entre 1990 y 2016 (valor expresados en porcentajes).



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se definió en la tabla N° 3.5 (*up supra*) el cambio neto resulta igual a la diferencia entre las ganancias y pérdidas que experimenta una cubierta en un lapso determinado (en valores absolutos), ello permite conocer cuán variable es la categoría analizada. Sin embargo este valor expresa el resultado final de la combinación entre superficie ganada y perdida, pero no detalla las proporciones de cada una de ellas. Por ejemplo, la categoría CCA es la que mayor cambio neto ha experimentado en términos absolutos, si el análisis se detuviera en esta afirmación se perdería el valor agregado de conocer que dicho valor es el mayor dada la gran cantidad de superficie perdida por el avance de otras (Gráfico N° 3.10). De manera inversa, las categorías AP e INF han sido las de menor cambio neto, debido a que han experimentado valores altos tanto en ganancias como en pérdidas (AP ha ganado 571 Has y perdido 440 Has; la INF ha ganado 363 Has y perdido 425 Has). Por lo tanto el análisis debe ser integral.

Gráfico N° 3.10. Superficies de ganancias y pérdidas por categorías entre 1990 y 2016
(valor expresados en hectáreas)



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, analizando los intercambios de superficie entre clases y teniendo en cuenta que éstos expresan el doble del mínimo entre la ganancia o la pérdida de una categoría (*up supra*, Tabla N° 3.5), de acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, no existe coincidencia entre la clase de mayor cambio neto y la clase de mayor intercambio, ya que, como vimos, la categoría CCA es la mayor cambio neto, mientras que la categoría AP es la de mayor intercambio (Tabla N° 3.16). Siguiendo con el análisis sobre el cambio neto e intercambio, si se tomara en cuenta solamente el valor de cambio neto de las categorías INF (61,47 Has), AVCVU (203,85 Has) y AP (131,31 Has) entonces no se estaría considerando la dinámica real que experimentan estas categorías que sí se ve reflejada en el cambio total (Cambio neto + Intercambio). En otras palabras, estas categorías experimentaron importantes movimientos con las restantes: INF intercambió más de 700 Has con otras categorías, mientras que el AVCVU más de 658 Has y el AP 880 Has.

Sintetizando lo dicho, el valor de cambio neto experimentado por la totalidad del área de estudio es de 1.500 Has aproximadamente, sin embargo este valor no refleja la dinámica real que se identifica mediante el cambio total que es de 3.900 Has aproximadamente.

Tabla N° 3.16. Cambios e intercambios entre categorías (valores expresados en hectáreas).

	Cambio Total	Cambio neto	Ganancia	Pérdida	Intercambio
INF	788,85	61,47	363,69	425,16	727,38
CCA	737,28	693,9	21,69	715,59	43,38
AUC	499,77	420,21	459,99	39,78	79,56
AVCVU	862,83	203,85	533,34	329,49	658,98
AP	1011,33	131,31	571,32	440,01	880,02
Total	3900,06	1510,74	1950,03	1950,03	2389,32

Fuente: Elaboración Propia.

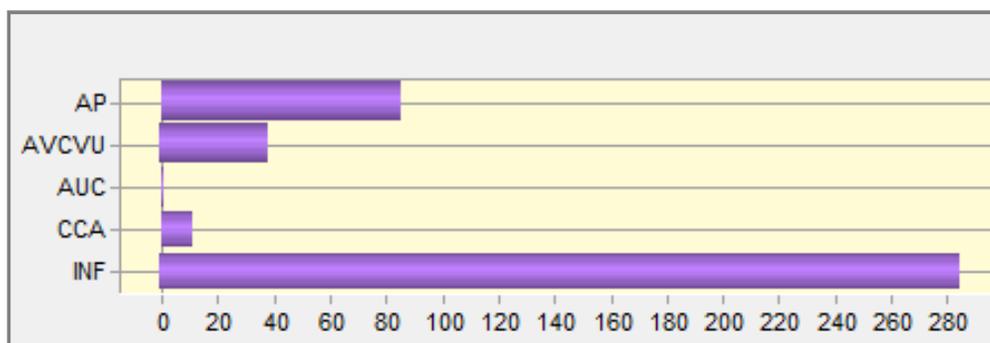
3.3.3.2.2. Dinámica del área urbana consolidada (AUC).

En el periodo de 26 años la ganancia del suelo urbano consolidado fue de 460 Has, este aumento de superficie de la categoría surge a partir de la pérdida de superficie en todas las otras clases que se han analizado. En este sentido, las restantes categorías experimentaron las siguientes transiciones al AUC: la INF le aportó 307,26 Has, los CCA le cedieron 13,32 Has, el AVCVU le tributó 91,08 Has y el AP le proporcionó 91,08 Has. Realizando un análisis análogo, en dicho periodo el AUC perdió aproximadamente 40 Has a favor de las restantes clases que se repartieron del siguiente modo: a la infraestructura le aportó INF 22,05 Has, a los CCA le cedió 2,25 Has, al AVCVU le tributó 9,36 Has y contribuyó con 6,16 Has al AP. Englobando ambas métricas, en la clase AUC se advirtió un cambio neto de 420 Has.

En el gráfico N° 3.11 se puede visualizar cómo las diversas categorías aportan al incremento final (cambio neto) de la clase urbana consolidada. En efecto, es posible identificar que la categoría INF, la que además de estar conformada por la red vial y ferroviaria, incluye infraestructura asociada a la actividad del comercio mayorista (depósitos y galpones), almacenes y depósitos de medianas y grandes extensiones cuyo uso es orientado a las labores rurales y a los servicios urbanos, es la que ha experimentado en mayor medida el impacto del avance del AUC, convirtiéndose en el principal tributario

al cambio neto de dicha categoría (285 Has). En menor medida, también han contribuido en este cambio el AP (85 Has), el AVCVU (39 Has) y los CCA (11 Has) (Gráfico N° 3.11).

Gráfico N° 3.11. Superficies de contribuciones de cada categoría al cambio neto del Área Urbana Consolidada entre 1990 y 2016 (valores expresados en hectáreas).

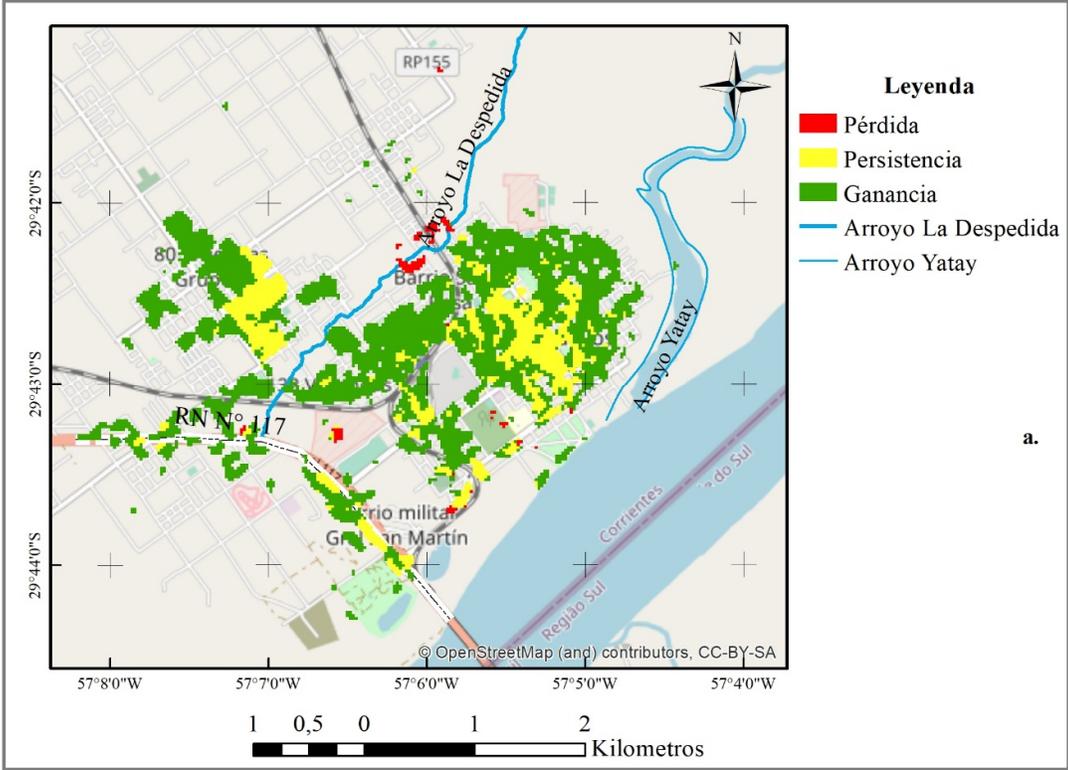


Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la espacialidad de los cambios del AUC (Mapa Temático N° 3.9) es posible generalizar señalando que los “nuevos” espacios clasificados en 2016 como AUC se encuentran distribuidos, por un lado, alrededor de la superficie de persistencia de dicha categoría, ganando continuidad y hasta las proximidades del arroyo La Despedida y acercándose al arroyo Yatay. Se pueden apreciar también ganancias en los espacios “internos” o intersticios del AUC de 1990, contribuyendo a la consolidación de la misma. Es posible además ver importantes espacios ganados en el sector suroeste cercanos a la Ruta Nacional N° 117 como así también en el sector oeste dando continuidad a un área de persistencia en ese sector.

En cuanto a las pérdidas de AUC, 40 Has, no se distingue un patrón de localización específico, son espacios dispersos en toda el área aunque con mayor presencia en el norte a la vera del ferrocarril.

Mapa Temático N° 3.9. Espacialidad de las ganancias, pérdidas en la categoría Área Urbana Consolidada (AUC).



Fuente: Elaboración Propia

Sintetizando la categoría AUC registra un cambio total de aproximadamente 500 Has, que supera en un valor considerable a lo reflejado por el valor de cambio neto (420 Has), lo que implica intercambios de esta categoría con las restantes. En este sentido a continuación se muestra la información estadística (Tabla N° 3.17) y espacial (Mapa Temático N° 3.10) producto de estos intercambios.

Tabla N° 3.17. Transiciones entre categorías que involucran al AUC (valores en hectáreas).

Leyenda	Has.	Leyenda	Has.	Diferencia en Has.
INF a AUC	307,26	AUC a INF	22,05	305,07
CCA a AUC	13,32	AUC a CCA	2,25	11,07
AVCVU a AUC	48,33	AUC a AVCVU	9,36	38,97
AP a AUC	91,08	AUC a AP	6,12	84,96
Totales	459,99	Totales	39,78	440,07

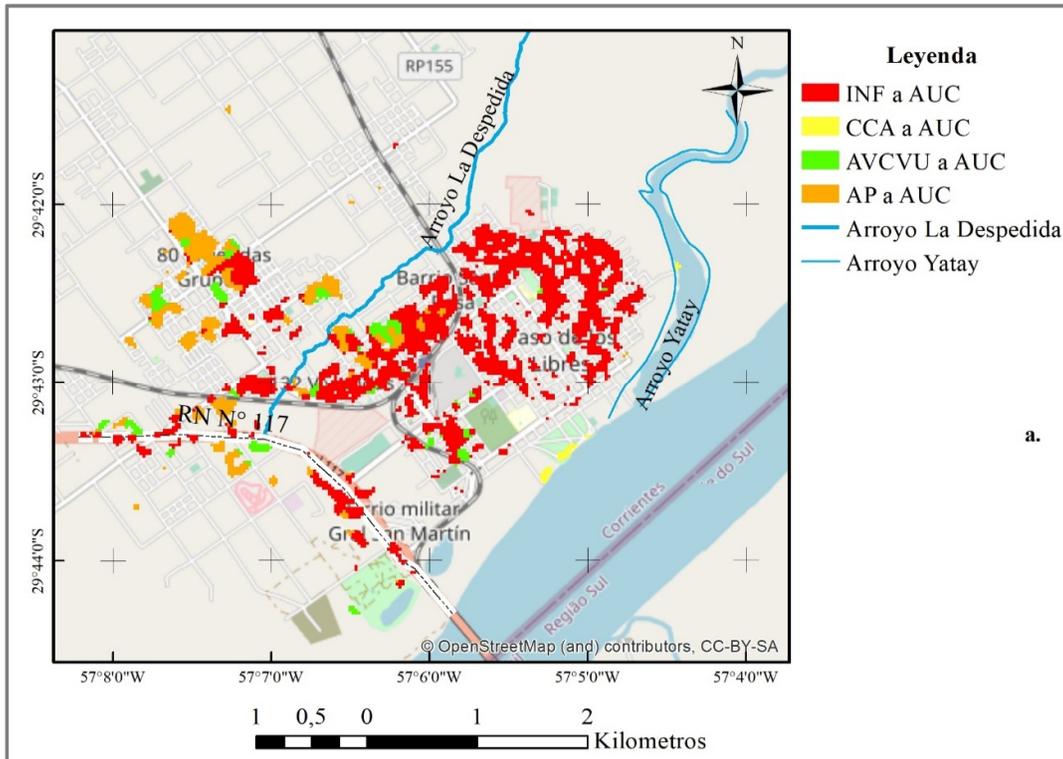
Fuente: Elaboración Propia

El mapa temático N° 3.10 nos permite visualizar la espacialidad de las transiciones al AUC, mostrando que los espacios originalmente clasificados como INF, y que pasaron a clasificarse en 2016 como AUC, presentan una concentración en particular en los alrededores del sector de persistencia de esta última categoría como así también a la vera de la Ruta Nacional N° 117. Como se ha mencionado, entre estos espacios es posible encontrar sectores que han sido parte, de instalaciones de gran porte como galpones, depósitos, almacenes, infraestructura relacionada al comercio mayorista, es decir, infraestructura vinculada a actividades o servicios tanto urbanas como rurales.

Respecto de las restantes categorías, es posible exponer que las transiciones de la clase AP, al AUC se manifiestan hacia el sector oeste y suroeste del AUC persistente; el avance del AUC sobre la clase AVCVU no respeta un patrón definido pero contribuye a que la clase AUC gane continuidad y contigüidad; por último, la distribución de la superficie clasificada en 1990 como CCA y en 2016 como AUC se localiza a orillas del río Uruguay y del arroyo Yatay, y corresponden a espacios destinados a la costanera de la ciudad⁵⁷ (Mapa Temático N° 3.10)

⁵⁷ Esta afirmación fue verificada con observación en terreno.

Mapa Temático N° 3.10. Espacialidad de las transiciones de las distintas categorías al AUC entre 1990 y 2016.



Fuente: Elaboración Propia

3.3.4. EVALUACIÓN DE LA CONFIABILIDAD

En este apartado se resumen las métricas obtenidas en relación a la evaluación de la confiabilidad de los mapas temáticos de usos del suelo conseguidos mediante la clasificación supervisada. La siguiente tabla sintetiza tales valores para cada una de las ciudades y en cada año considerado:

Tabla N° 3.18: Medidas de confiabilidad para los mapas temáticos de usos del suelo de las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres, en los años 1990 y 2016.

	Curuzú Cuatiá		Goya		Paso de los Libres	
	1990	2016	1990	2016	1990	2016
F_m	70,66%	68,46%	55,77%	74,12%	81,82%	64,69%
K	61,29%	59,59%	46,25%	67,19%	76,10%	55,09%

Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje de fiabilidad de la clasificación realizada para la ciudad de Curuzú Cuatiá en el año 1990 fue del 70,66%. En consecuencia, una proyección a la totalidad de píxeles que determinan las categorías de los usos de suelo de dicho año con un nivel de significación de 0,1, permite asegurar con un 90% de probabilidad que la fiabilidad real del mapa de usos de suelo se encuentra en 65,99% y el 75,33%.

Por otro lado en base al valor de *Kappa* calculado, es posible afirmar que la clasificación realizada es un 61,29% mejor que otra realizada al azar.

Para el año 2016, la fiabilidad obtenida en base a la muestra fue del 68,46%. Si se extiende este valor a la totalidad de la población, y considerando nuevamente un nivel de significación de 0,1, se puede asegurar con un 90% de probabilidad que la fiabilidad real del mapa de usos de suelo se encuentra entre el 63,71% y el 73,21%.

El valor de *Kappa* obtenido, permite afirmar que la clasificación obtenida es un 59,59% mejor que otra realizada al azar.

Para la ciudad de Goya, en el año 1990 el valor de fiabilidad de la muestra es del 55,77%, lo que permite afirmar con un nivel de significación de 0,1 y una probabilidad del 90% que la fiabilidad real del mapa se encuentra dentro del intervalo (51,13%; 60,41%). Mediante el valor de *Kappa* se puede exponer que la clasificación obtenida es un 46,25% mejor que una clasificación que hubiera sido al azar.

En el año 2016 la fiabilidad en base a la muestra asciende al 74,12%, lo que posibilita afirmar que la confiabilidad global de la clasificación obtenida, con un nivel de significación de 0,1 y una probabilidad del 90%, se encuentra entre el 70,04% y el 78,2%. Asimismo, el valor de *Kappa* indica que la clasificación obtenida es un 67,19% mejor que una que hubiera sido hecha al azar.

Por último, para el caso de la ciudad de Paso de los Libres, en 1990 la fiabilidad del resultado obtenido en base a la muestra recogida es del 81,82%, lo que permite construir un intervalo de confianza dentro del que se encuentra la fiabilidad global de la clasificación, con un nivel de significación de 0,1 y una probabilidad del 90%, de extremos 78,43% y 85,21%. En este caso, el valor de *Kappa* obtenido posibilita asegurar que la clasificación obtenida es 76,1% mejor que una que hubiera sido obtenida mediante el azar.

Para el año 2016 el valor de fiabilidad en base a la muestra fue del 69,64%, por lo que la fiabilidad global de la clasificación con iguales niveles de significación y probabilidad antes considerados se encuentra entre el 60,5% y el 68,88%. El valor de *Kappa* indica

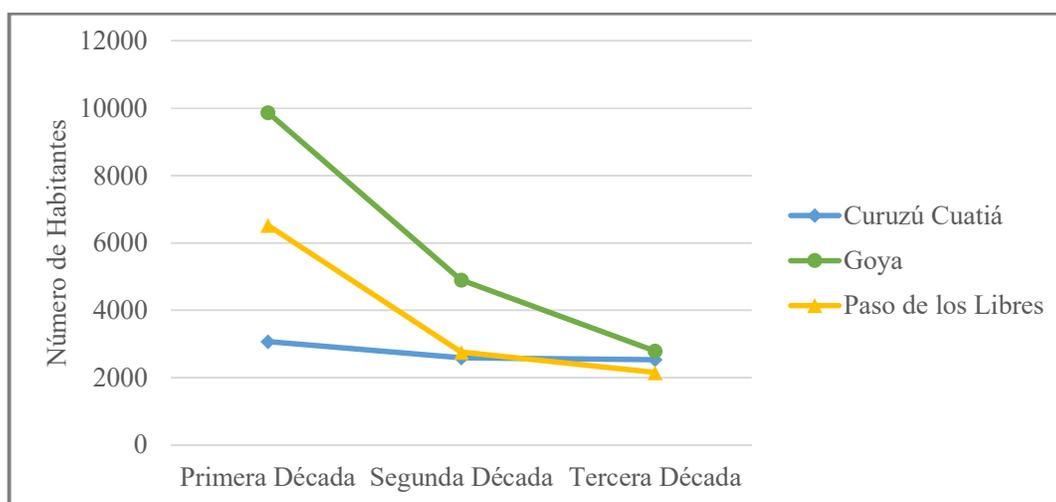
que la clasificación resultante es mejor en un 55,09% que una que hubiera sido obtenida considerando solo el azar.

3.4. COMENTARIOS FINALES AL CAPÍTULO

3.4.1. DENSIDAD POBLACIONAL Y CONSUMO DE SUELO URBANO

En relación a la población, los datos expuestos muestran que las tres ciudades presentan un crecimiento entre los años en los que se cuenta con información censal o su estimación que supera el 28%. Asimismo, las tres ciudades experimentaron un descenso de este crecimiento conforme han avanzado los años, situación que se manifiesta con más fuerza en la ciudad de Goya, luego en Paso de los Libres y por último en la ciudad de Curuzú Cuatiá, es decir que esta tendencia descendente del crecimiento poblacional se manifiesta en mayor medida en la segunda ciudad de la provincia de Corrientes y tal fuerza disminuye en las siguientes dos ciudades. En otras palabras, el decaimiento de la variación intercensal es menor en las ciudades de menor tamaño. (Gráfico N° 3.12)

Gráfico N° 3.12. Variación intercensal por década⁵⁸ en las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y paso de los Libres (Valores absolutos)



Fuente: Elaboración Propia

Respecto de la relación de los valores de población urbana expuestos y los valores de superficie clasificada como AUC, en términos generales es posible afirmar que la ciudad

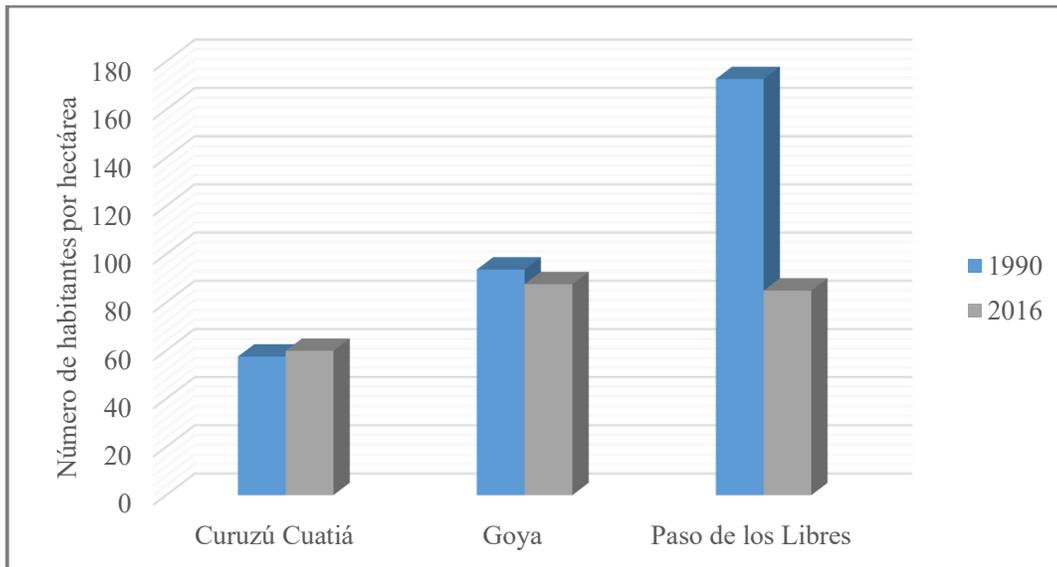
⁵⁸ Se debe considerar que la tercera década considerada aún está en curso.

de Curuzú Cuatiá, presenta características propias del modelo de ciudad dispersa, afirmación que se apoya, entre otras particularidades, en la presencia de densidades de población muy bajas, inferiores a 60 habitantes por hectárea (aproximadamente 160 m² por habitante), y en un consumo de suelo urbano excesivo, ya que si consideramos los datos del periodo analizado, vemos que la relación entre el incremento poblacional (8.194 habitantes) y el aumento del AUC (291,96 Has), determina que esta categoría se incremente a razón de una hectárea por cada 28 habitantes. (Gráficos N° 3.13.a y N° 3.13.b).

Es posible arribar a una aseveración similar en la ciudad de Paso de los Libres, donde la densidad poblacional para el año 1990 fue de 172,7 habitantes por hectárea, mientras que en el año 2016 dicho valor fue de 84,91 habitantes por hectárea. Estos valores se traducen en un aumento de más de 59 m² disponibles por habitante (pasando de contar con 57,9 m² por habitante en el primer momento de estudio a 117,77 m² por habitante en el segundo momento). (Gráficos N° 3.13.a y N° 3.13.b)

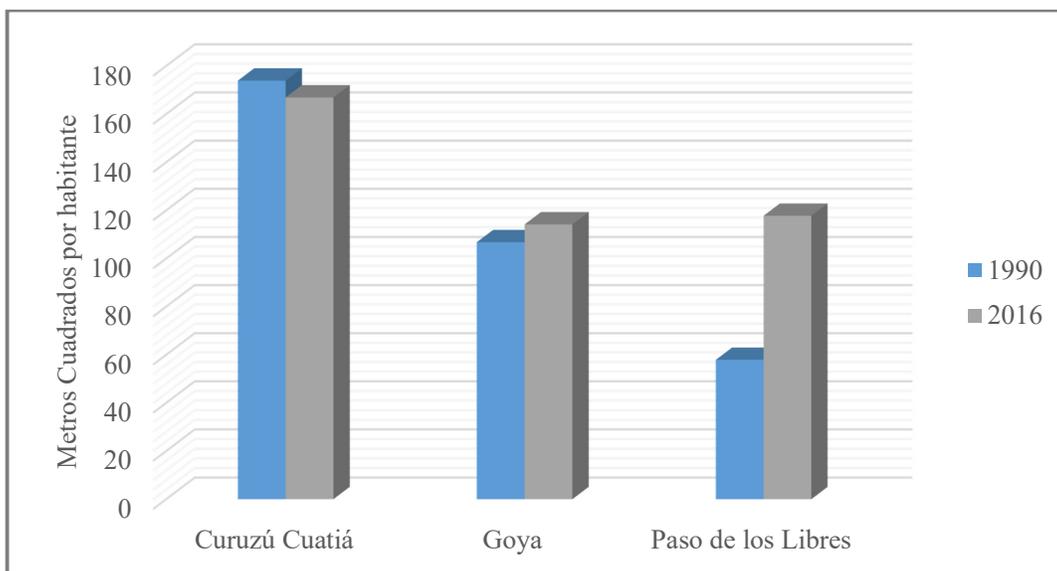
Por último, la ciudad de Goya presenta características similares a las expuestas para las ciudades de Curuzú Cuatiá y Paso de los Libres, aunque con menor fuerza. De esta manera, cada habitante cuenta con más de 100 m² disponibles de AUC en ambos momentos estudiados (106,79 en el año 1990 y 114,19 en 2016). Considerando los incrementos absolutos tanto de la población (17.560 habitantes) como de la superficie de AUC (239,94 Has), la relación entre ambos datos indica un aumento una hectárea conforme aumente la población en 73 habitantes (Gráficos N° 3.13.a y N° 3.13.b).

Gráfico N° 3.13.a. Población por hectárea en los años 1990 y 2016 en las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 3.13.b. Consumo de metros cuadrados de suelo urbano por habitante en los años 1990 y 2016 en las ciudades de Curuzú Cuatiá, Goya y Paso de los Libres.



Fuente: Elaboración Propia

En otro orden de análisis, la inspección visual de las imágenes satelitales, los mapas de usos de suelo obtenidos mediante la clasificación supervisada y la cartografía obtenida

mediante el *Land Change Modeler* permiten visualizar la localización de la clase AUC en ambos momentos de estudio y su evolución en el periodo en que se trabajó. De esta manera, es posible afirmar que las tres ciudades afianzan su superficie urbana consolidada ganando continuidad y contigüidad al desaparecer intersticios que se observaban en el año 1990. Por otro lado, las tres ciudades se expanden en todas las direcciones, siempre condicionadas por las barreras naturales como los cursos y cuerpos de agua, o antrópicas como las defensas, los predios destinados a instalaciones militares, entre otros.

Existen además factores que favorecen el desarrollo de la clase urbana consolidada en las tres ciudades, tales como la presencia de vías de comunicación (Rutas Nacionales y Provinciales), pavimentación de caminos de accesos a los barrios alejados del centro de las ciudades, construcción de defensas que resguarden a la población, instalaciones de puentes que conecten sectores de la ciudad atravesada por un curso de agua, extensión de transporte urbano de pasajeros. Todos estos, colaboran en la extensión del AUC que, conservando su emplazamiento original, se expande como consecuencia de lo señalado anteriormente.

3.4.2. GANANCIAS, PÉRDIDAS, CAMBIOS E INTERCAMBIOS

Respecto de la variabilidad experimentada por las clases definidas, los pasajes de una categoría a otra en el lapso de tiempo considerado (valores por fuera de las diagonales principales de cada una de las matrices de tabulación cruzada), reflejan la alta dinámica que experimentan los usos de suelo definidos en las tres ciudades.

Por otra parte, en términos generales, las estabilidades absolutas de las categorías superan en todos los casos el 38% y en particular, las clases manifiestan estabilidades relativas que superan el 30%, a excepción de la clase CCA en la ciudad de Paso de los Libres que es atravesada por la ocurrencia del crecimiento del espejo de agua del río Uruguay. Cabe destacar que en las ciudades estudiadas, la categoría AUC presenta una estabilidad relativa muy superior a las restantes clases, superando en cada caso el 76%.

Respecto de la variación de superficie final reflejada por el cambio neto, la clase AUC experimentó un aumento de superficie en las tres ciudades. Asimismo, la INF incrementó su superficie tanto en Curuzú Cuatiá como en Goya y la clase AVCVU experimentó un crecimiento en Curuzú Cuatiá y en Paso de los Libres, aunque en este último caso se debió como ya se analizó, al retroceso del espejo del agua del río Uruguay entre ambos años de estudio. Esta misma causa impactó sobre el crecimiento del AP en esta ciudad.

Tanto el dato de estabilidad relativa, como el de incremento en la superficie final de la categoría AUC, refuerzan la idea de que el avance de la ciudad es un hecho que impacta en el territorio de forma irreversible, por lo que deben ser objeto de monitoreo continuo.

Respecto de los valores obtenidos mediante el cambio total y los intercambios, la inclusión del análisis de los mismos en un estudio del comportamiento en los cambios de usos del suelo, permiten cuantificar e identificar espacialmente los movimientos experimentados en el interior de las categorías y con las demás. Este análisis integral manifiesta empíricamente la relación dependiente que existe entre las métricas: Cambio Total, Cambio Neto e Intercambio. En este sentido, los valores reflejados por los cambios totales en las categorías siempre han sido superiores a los reflejados por los cambios netos, es decir, todas las clases informacionales han experimentado intercambios con las demás, cuanto más exceda el valor del cambio total al cambio neto, mayores intercambios experimentará la clase estudiada con las demás. A modo de ejemplo, la superficie total de las tres ciudades estudiadas reflejan un Cambio Total que excede en más del doble al Cambio Neto experimentado, incluso para el caso de la ciudad de Goya alcanza el triple, dejando implícita la cantidad de transformaciones internas vividas por las diferentes clases.

3.4.3. DINÁMICA DEL AUC

Como se ha dicho anteriormente, la superficie final del AUC aumentó en las tres ciudades analizadas, y este resultado es consecuencia del avance de la clase sobre las restantes categorías. En Curuzú Cuatiá y en Paso de los Libres este incremento se identificó principalmente sobre la INF y el AP. Por su parte, la categoría AVCVU en Paso de los Libres aportó también al aumento de la clase AUC. Para el caso de Goya, los principales tributarios fueron el AP y el AVCVU. En menor medida, el AUC ocupó espacios otrora usados por la INF.

Es de relevancia considerar como un resultado importante el dato de la disminución de CCA a favor del AUC, esta información estaría dando cuenta del avance de la urbanización sobre sectores anegadizos potencialmente inundables.

Las métricas expuestas permiten cuantificar la variabilidad de la clase en estudio pero no manifiesta su localización final en el espacio estudiado. Por ello, la cartografía generada derivada de las métricas antes calculadas, se considera indispensable en la interpretación de la información dándole un valor agregado.

Al respecto, en términos generales, el AUC en la ciudades analizadas gana continuidad al consolidarse y avanzar sobre aquellos espacios cercanos al sector de persistencia, respetando las características particulares existentes en cada ciudad que guían el proceso de expansión urbana. De esta manera, la presencia vías de comunicación principales como son las Rutas Nacionales y Provinciales, el mejoramiento de caminos de acceso, la construcción de puentes, entre otros son elementos que favorecen la continuidad antes mencionada. Por el contrario, existen elementos naturales y antrópicos que no propician este desarrollo, como ser la existencia de cursos y cuerpos de agua o la presencia de predios de superficies considerables destinados a instalaciones militares.

CAPÍTULO 4. EXPLICACIÓN Y SIMULACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIOS DE USOS DEL SUELO EN CURUZÚ CUATIÁ, GOYA Y PASO DE LOS LIBRES

No se debe entender una simulación como una visión a futuro de lo que sucederá, sino como una ayuda para explorar diferentes posibilidades de uso del suelo a futuro. “Al tratarse de escenarios prospectivos externos, y de acuerdo con Borjerson et al. (2006), deben ser entendidos en el contexto del pensamiento futuro exploratorio, y por tanto posible, pero nunca como una realidad futura. La representación de estos futuros hipotéticos permite esclarecer la acción presente (planificadora) a la luz de futuros posibles (Goded, 2000) y, por tanto, constituye un enfoque exploratorio y no normativo” (Aguilera Benavente et al., 2009:59).

4.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se expondrán los potenciales de transición de cambio de usos de suelo⁵⁹ en Curuzú Cuatía, Goya y Paso de los Libres y posteriormente, se presentan escenarios de predicción de cambios de usos de suelo al año 2030.

Para ello, se utilizó una metodología basada en el empleo de redes neuronales artificiales (RNA) disponible en el módulo *Land Change Modeler* (LCM) del software IDRISI versión Selva (<https://clarklabs.org/download/>) de la Universidad de Clark (Estados Unidos) (<https://www.clarku.edu/>). La misma se estructura en una secuencia ordenada de fases encadenadas para lograr el objetivo final que es la predicción de los usos del suelo en una fecha futura.

La primera fase consiste en comparar dos mapas de usos de suelo en formato ráster correspondientes a diferentes momentos (1990 y 2010) con leyendas o categorías idénticas, que se incluyen dentro del conjunto de datos de entrada o *inputs* necesarios para entrenar el modelo que se apoya en determinadas variables explicativas y posteriormente generar el escenario futuro. Los mismos son necesarios ya que el proceso seguido se basa en el conocimiento de estados temporales pasados de la/s variable/s que se van a modelizar (Camacho Olmedo *et al.*, 2010).

Las variables explicativas también se comportan como *inputs* conformando una serie de factores de los cuales dependerá en menor o mayor medida el éxito del escenario simulado, y la selección de las mismas estará en función del área de estudio y de la disponibilidad, accesibilidad y actualización de datos, y finalmente condicionarán la localización de los posibles usos de suelo simulados.

Combinando los mapas de usos de suelo de ambos años con los factores explicativos, se obtiene, mediante un algoritmo determinado, que en este caso es una RNA de perceptrón multicapa (MLP de *multi-layer perceptron*), mapas denominados “potenciales de transición”. Éstos últimos, muestran la probabilidad de que un uso de suelo (o un conjunto de usos dependiente de una misma fuerza dominante) se transforme a otro (estos pares de posibles cambios de usos e.g INF a AUC se denominan “submodelos”). Para este estudio,

⁵⁹ En el próximo apartado de metodología se abordará este concepto y posteriormente se muestran escenarios de predicción de cambios de usos del suelo al año 2030.

los submodelos escogidos fueron de INF a AUC, de CCA a AUC, de AVCVU a AUC y de AP a AUC⁶⁰.

En un siguiente momento se generan las predicciones de cambios al año 2030 tomando en cuenta las características de cada ciudad en el pasado. A este resultado se lo denomina escenario tendencial o de trayectoria lineal, y supone que los cambios experimentados en el pasado por un determinado uso del suelo fueron influenciados por ciertos factores que continuarán actuando de la misma manera en el futuro, provocando que la configuración de los usos de suelo continúe siendo afectada por las mismas regularidades.

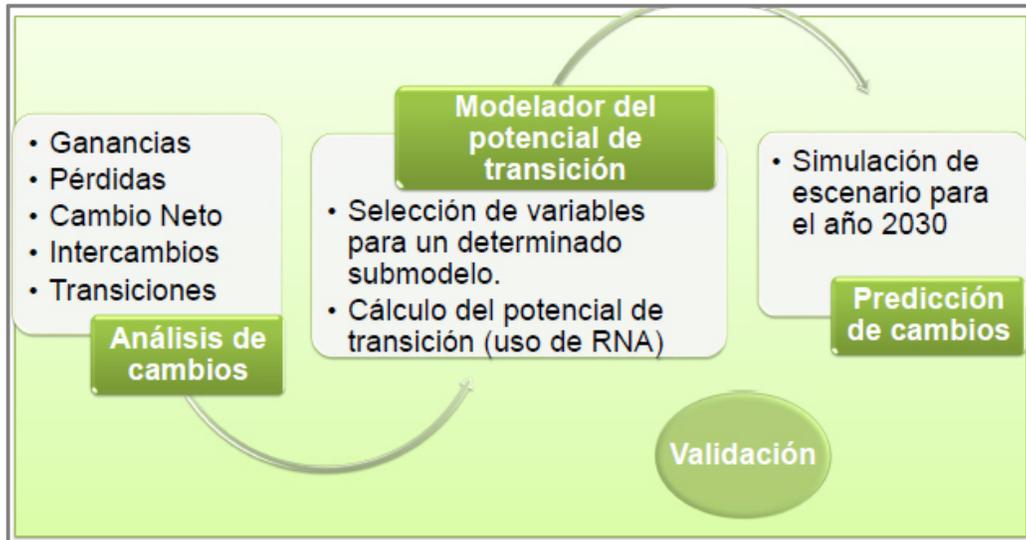
La validación del modelo entrenado o calibrado se realizó haciendo uso de un tercer mapa también clasificado y validado en terreno del año 2018, con la misma metodología y parámetros que los utilizados en la etapa de calibración, para luego someter el resultado comparaciones con una situación conocida y de esta manera determinar el grado de confiabilidad obtenido. En realidad, “un modelo no debe ser medido por la proximidad con que sus resultados se ajustan a la realidad sino por cuánto ellos reducen la incerteza sobre el futuro” (Linares, 2017:s/p).

Se persigue entonces la generación de mapas de usos de suelo para el año 2030 con el fin de contar con una descripción hipotética de la situación futura que colabore en la disminución de la incertidumbre convirtiéndose en un insumo más de aproximación a la realidad para el planificador territorial.

En síntesis, el esquema metodológico abordado para lograr los escenarios futuros se expone en la siguiente figura a modo de fases con lo que cada una de ellas implica:

⁶⁰ Recordaremos de capítulos anteriores la denominación de cada categoría de uso del suelo: infraestructura (INF), cuerpos y cursos de agua (CCA), área urbana consolidada (AUC), área verde y cobertura vegetal urbana (AVCVU) y área periurbana (AP).

Figura N° 4.1. Esquema metodológico abordado para la simulación de escenarios futuros de trayectoria lineal.



Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente apartado desarrollaremos con mayor precisión este proceso metodológico.

4.2. METODOLÓGIA

En este apartado se describe la metodología seguida en cada fase mencionada en el apartado introducción de este capítulo.

En el capítulo 3 fue descrita en detalle la metodología correspondiente a la fase “análisis de cambios”. En este capítulo, se consideran los mismos y se incluye además una descripción del comportamiento tendencial de los cambios en base a una aproximación polinomial.

A continuación se definieron y seleccionaron las variables consideradas relevantes en el estudio de los cambios en los usos del suelo y se calibró con ellas el modelo basado en RNA de MLP.

Como paso intermedio, se procedió a validar el modelo calibrado mediante métricas que permiten analizar el grado de correspondencia (en localización y en cantidad) entre un mapa simulado y otro considerado “verdad de terreno” (año 2018).

Lo descripto, a excepción de la etapa de validación, fue realizado con del Modelador de Cambios del Terreno disponible en el software IDRISI desarrollado por la Universidad de Clark (<https://clarklabs.org/>).

Para validar el modelo calibrado se usó el Kit de Comparación de Mapas (MCK 3) del *Research Institute for Knowledge Systems, The Netherlands* (disponible en <http://mck.riks.nl/>) que incluye una serie de algoritmos para comparar mapas ráster.

4.2.1. ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE USOS DE SUELO

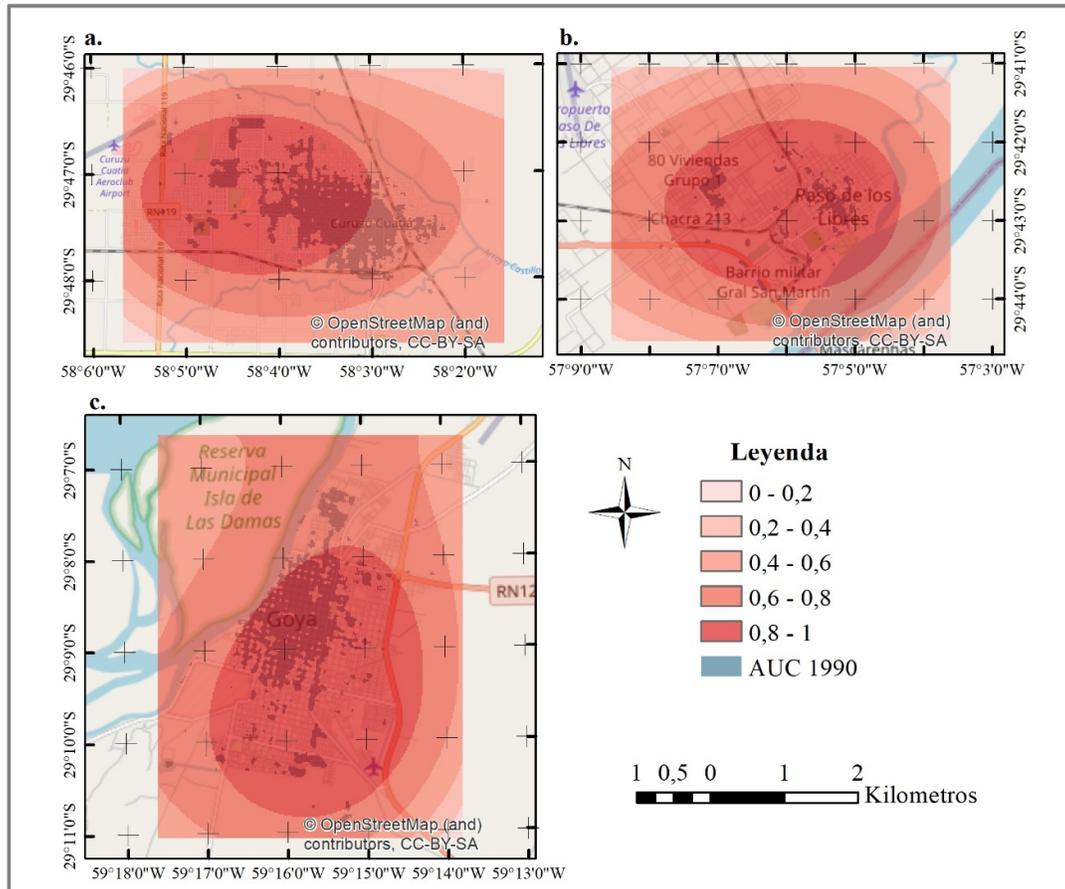
El análisis de los cambios de usos y coberturas de suelo, que permite obtener métricas definidas como ganancias, pérdidas, cambio neto y cambio total por cada clase y los intercambios y transiciones experimentados entre las categorías, fue desarrollado en el capítulo 3⁶¹. Por lo tanto, los logros alcanzados en aquel apartado son los insumos necesarios para el abordaje de los escenarios futuros.

Como paso previo a obtener los resultados futuros se realizó un análisis de la tendencia de los cambios de usos del suelo en base a un polinomio de tercer grado⁶². Así es posible visualizar un comportamiento general de los cambios de todas las categorías de uso del suelo hacia el AUC. Los resultados se presentan en valores normalizados entre 0 y 1 a los efectos de posibilitar la comparación (Mapas Temáticos N° 4.1). De los mapas de tendencia surge que en la ciudad de Curuzú Cuatiá, el dinamismo se presenta de manera más evidente en las proximidades de la Ruta Nacional N° 119, en el sector del acceso a la misma. Asimismo, se puede observar que la distribución espacial de la tendencia adquiere forma elíptica, ensanchándose en sentido Este-Oeste (Mapa Temático N° 4.1 a). Una distribución espacial similar ocurre en Paso de los Libres, donde la mayor visualización de cambios se aprecia cerca del sector central de la ciudad (Mapa Temático N° 4.1.b). Para el caso de Goya, los cambios se acentúan en el sector sureste de la ciudad y la elipse se ensancha en sentido Norte-Sur (Mapa Temático N° 4.1.c).

⁶¹ Como se habrá visto, en el capítulo 3 se presentaron los resultados de los análisis de cambios entre 1990 y 2016, que incluyeron también el análisis del año intermedio 2010, los que a pesar de no haber sido presentados en dicho capítulo, serán utilizados en el presente apartado.

⁶² En el análisis de la tendencia se ajustaron los cambios de usos del suelo hacia el AUC en base a una representación gráfica de un polinomio de tercer grado. Este valor es predeterminado y proporciona una visión general sobre los patrones de cambio. La superficie se crea codificando áreas de cambio con 1 y áreas de no cambio con 0 y tratándolos como si fuesen valores cuantitativos (Eastman, 2012).

Mapas Temáticos N° 4.1.a., N° 4.1.b. y N° 4.1.c. Tendencia de los cambios de usos de suelo hacia el AUC entre 1990 y 2010.



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. SELECCIÓN DE VARIABLES

La selección de las variables o factores conductores considerados para explicar cada uno de los cambios de usos y coberturas de suelo que se desean simular se han escogido de entre aquellos que se distinguen como más relevantes en el análisis de cambios. Se debe tomar en cuenta que no todos los procesos que generan cambios pueden ser modelados y que éstos varían dependiendo de la escala espacial (Alcamo *et al.*, 2006 cit. en Gallardo Beltrán, 2014:269). Además, las variables seleccionadas pueden ser estáticas o dinámicas (cambian con el tiempo), de tipo biofísica, demográficas, socioeconómicas o de proximidad a los servicios, infraestructuras, entre otros. En particular, el modelo utilizado para simular los escenarios a futuro (RNA de perceptrón multicapa) utiliza variables de preferencia continuas. “IDRISI permite convertir mapas categóricos en mapas continuos

mediante la transformación de la evidencia de probabilidad basado en la frecuencia relativa de los píxeles que pertenecen a las diferentes categorías dentro de las áreas de cambio” (Mas *et al.*, 2010).

Para determinar si las variables explicativas escogidas son buenas, o al menos útiles, se aplicó el test de correlación V de Cramer (incluido dentro del LCM) que “permite calcular la fuerza de la relación entre variables que pueden presentarse en una tabla de contingencia mayor a 2x2” (Díaz Pacheco y Hewitt., 2013:12) con valores que varían entre 0 y 1. Un valor alto indica que “el valor explicativo potencial de la variable es bueno, aunque no garantiza un desempeño energético ya que no puede responder a los requerimientos matemáticos del enfoque de modelado ni a la complejidad de la relación. No obstante, es un buen indicador que una variable pueda descartarse si la V de Cramer es baja⁶³” (Eastman, 2012:229). Este test viene acompañado de un valor de probabilidad *p* de que dicha V no sea tan diferente de 0. En otras palabras, un valor bajo de probabilidad no es un buen indicador de poder explicativo potencial de la variable pero un valor alto indica con certeza que la variable puede ser rechazada (Eastman, 2012).

Las variables exploradas se detallan en la tabla N° 4.1 y la determinación de su selección para cada ciudad se presenta en el apartado de resultados.

Tabla N° 4.1. Definición de variables exploradas.

Variable	Descripción	Estática (E) / Dinámica (D)	Curuzú Cuatía	Paso de los Libres	Goya
Distancia a la zona cívico, Administrativo y Comercial	Distancia euclídea a partir del polígono determinado en la ordenanza municipal N° 2410/2010 de la ciudad de Curuzú Cuatía, medida en metros.	E	✓	✗	✗
MDE	Modelos Digitales de Elevación ⁶⁴ , medidos en metros.	E	✓	✓	✓
Distancia al AUC	Distancia euclídea a partir de los píxeles clasificados como AUC en el mapa de usos del suelo del año 1990, medidos en metros.	D	✓	✓	✓

⁶³ En este trabajo se han utilizado valores de V de Cramer de 0,1 para indicar variables útiles.

⁶⁴ Disponibles en: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Fecha de descarga: 19/08/2015).

Distancia a Cursos de Agua	Distancia euclídea a partir del polígono generado al realizar un <i>buffer</i> de 15 metros a los cursos de agua existentes en cada ciudad ⁶⁵ , medida en metros.	E	✓	✓	✓
Área inundable y no inundable	Variable cualitativa obtenida mediante la combinación de la normativa vigente en la Ciudad de Curuzú Cuatiá (Ordenanza N° 355/86) y el MDE.	E	✓	✗	✗
Pendiente	Tasa máxima de cambio del valor de una celda en relación a sus ocho vecinas ⁶⁶ , medida en porcentaje.	E	✓	✓	✓
Distancia al Área Central	Distancia euclídea a partir del polígono que delimita el área central de la ciudad definido en el plan estratégico de ordenamiento territorial del municipio de Paso de los Libres.	E		✓	
Distancia al Centro Financiero	Distancia euclídea a partir del polígono que delimita el centro financiero de la ciudad definido en el plan estratégico de ordenamiento territorial del municipio de Paso de los Libres.	E		✓	
Zona Prohibida	Zona donde no se permite ningún uso del suelo ⁶⁷	E			✓
Distancia a Equipamientos educativos de nivel primario y secundario	Distancia euclídea a partir de la localización de los establecimientos educativos de nivel primario y secundario ⁶⁸ , medida en metros.	E	✓	✓	✓
Distancia a Rutas Nacionales y Provinciales	Distancia euclídea a partir las líneas que representan a las rutas nacionales y provinciales ⁶⁹ que atraviesan el polígono considerado como área de estudio en cada ciudad, medida en metros.	E	✓	✓	✓

⁶⁵ Se utilizó la capa vectorial de cursos de agua disponible en www.IGN.gov.ar (Fecha de descarga: 24/04/2018).

⁶⁶ <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-slope-works.htm>

⁶⁷ Ordenanza N°1130 HCD de la Ciudad de Goya

⁶⁸ Disponible en <http://mapa.educacion.gob.ar/mapa-interactivo> (Fecha de descarga: 26/02/2019).

⁶⁹ Se utilizó la capa vectorial red vial disponible en www.IGN.gov.ar (Fecha de descarga: 21/07/2015)

Distancia a áreas verdes ⁷⁰	Distancia euclídea considerada a partir de aquellos píxeles clasificados como AVCVU en el año 1990 cuya superficie fue de al menos 14.400 m ² , medida en metros.	E	✓	✓	✓
---	--	---	---	---	---

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. CÁLCULO DE POTENCIALES DE TRANSICIÓN

Calibrar un modelo implica intervenir en el proceso de producción del mismo con el fin de que aquel sea lo más consistente posible con los datos de base usados (Gallardo Beltrán, 2014). Este paso fue realizado introduciendo u omitiendo variables explicativas, y haciendo correr el modelo en reiteradas oportunidades y modificando en cada una de ellas las probabilidades de transición de cada uso del suelo (tanto en cantidad como en localización).

Recordemos que los potenciales de transición muestran la probabilidad de que un uso del suelo cambie hacia AUC. De esta manera se determinará qué celdas mutarán su estado hacia dicha clase. Los potenciales de transición se logran a partir de los ya citados submodelos o pares de posibles cambios que en este caso son cuatro (INF a AUC, CCA a AUC, AVCVU a AUC y AP a AUC).

Para cada submodelo se genera un mapa de transición, es decir, una cartografía que indica la probabilidad de que un determinado uso de suelo se convierta a otro. En este proceso intervienen las RNA para el cálculo de los valores de potenciales de transición. Una RNA consiste en una red conectada de unidades de procesamiento que son modeladas según las propiedades más elementales de las neuronas del cerebro humano e intenta reproducir su funcionamiento. Los nodos hacen las veces de las neuronas humanas y se encuentran interconectados formando capas ordenadas según su importancia y se activan transmitiendo la información según una “función de activación” (función binaria), generando un proceso encadenado.

Las RNA son modelos simplificados de las redes de neuronas que forman el cerebro; y, al igual que este, intentan ‘aprender’ a partir de datos que se le suministran, y de la

⁷⁰ Este valor de distancia surge a partir de los píxeles clasificados como AVCVU, en ocasión de la generación de los mapas de usos del suelo, y que poseen contigüidad espacial definiendo superficies de al menos una manzana o una hectárea.

experiencia adquirida en la fase de entrenamiento de la red. “En general, las RNAs persiguen recrear cómo procesaría el cerebro humano los problemas de datos espaciales, convirtiendo los datos de entrada (capas) en un resultado deseado” (Eastman, 2012). Es importante aclarar que las conexiones entre nodos pueden darse con pesos o importancias diferentes y que toda la operación de una red neuronal funciona como una caja negra.

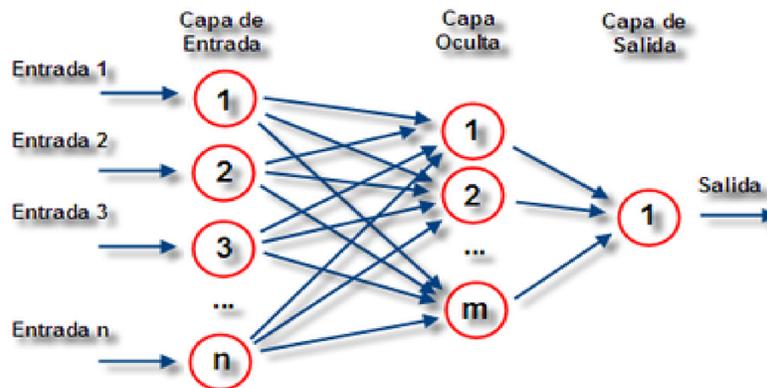
“Aplicado al campo de la simulación dinámica de usos de suelo se plantea (...) como un método para generar la aptitud de una determinada localización en el territorio para acoger un determinado uso de suelo, a través de patrones de comportamiento extraídos de la comparación de dos momentos temporales más o menos distantes entre sí” (Díaz Pacheco y Hewitt, 2013:06). En otras palabras, a partir del conocimiento de la situación de los usos del suelo en dos momentos (1990 y 2010), se intenta reproducir los cambios en los mismos para poder simularlos en momentos futuros. El reconocimiento de tales patrones depende de un proceso de entrenamiento de la red, en el cual interviene el ajuste de los pesos de entrada en cada neurona hasta que la salida se aproxime a una deseada. La fase de aprendizaje de la red finaliza cuando los valores de los pesos dejan de cambiar. Una vez que la red está entrenada, el uso de la red propiamente dicho depende de los datos de entrada provistos a la red y la respuesta que ésta “recuerda” de su paso por la fase de aprendizaje.

“Los datos de entrada pasan a través de la red mediante un proceso denominado *feed forward* (alimentación hacia delante), donde los nodos de salida son calculados en función de los valores de entrada y posteriormente transmitidos hacia adelante a través de la red. La respuesta de activación (si un nodo es estimulado) depende de los valores de entrada o pesos utilizados. Este proceso de búsqueda de los valores correctos se conoce como ‘la regla de aprendizaje’ (*the learning rule*). La búsqueda de los valores correctos para las ponderaciones se hace efectiva utilizando un paradigma de aprendizaje denominado aprendizaje supervisado (*supervised learning*) (Noriega *et al.*, 2005, cit. en Díaz Pacheco y Hewitt., 2013:14), que consiste en comparar la salida de la red con la deseada y, en caso de no coincidir, modificar los pesos de las conexiones procurando que el nuevo resultado se aproxime a la salida deseada. En este paradigma “la información para construir el algoritmo contiene información sobre la característica en estudio, que no está presente en los datos futuros. Por tanto, la información que se quiere predecir o por la que se quiere clasificar una población está disponible en los datos utilizados para construir el modelo. Más formalmente, el objetivo del aprendizaje supervisado es de entrenar una aplicación

de un conjunto de variables (denominadas explicativas, características o factores) “ x ” en una variable output “ y ”, a partir de un conjunto de datos (denominado muestra de entrenamiento) de pares $\Delta = x_i, y_i, i \in 1, \dots, N$ donde “ N ” es el tamaño de la muestra” (Management Solutions, 2018:21)

En particular el LCM Idrisi utiliza un perceptrón multicapa (MLP) que es una de las RNAs más ampliamente utilizadas (Pijanowsky *et al.*, 2002, cit. en Díaz Pacheco y Hewitt, 2013:05). MLP contiene una capa de entrada, una capa intermedia (oculta) y otra de salida, las cuales contienen nodos también ocultos responsables del funcionamiento del sistema pues actúan tanto en la etapa de aprendizaje como de uso (Figura N° 4.2). Cuando se activa el modelo (MLP *Neural Network*), el proyecto LCM extrae muestras aleatoriamente de los dos mapas de usos de suelo utilizados en el análisis de cambios, la mitad es utilizada para entrenar el modelo y la otra mitad para validarlo. “Estas muestras son las áreas que experimentaron las transiciones modeladas y también las áreas que fueron elegidas para el cambio pero que no cambiaron” (Eastman, 2012:230).

Figura N° 4.2. Comportamiento de *multi-layer perceptron neural network*.



Fuente: Manual de ayuda Idrisi Selva, Eastman (2012)

MLP de LCM cuenta con la opción de ser usado con una configuración automática (utilizada en este trabajo) mediante la cual si el testeo se reinicia automáticamente, los pesos se reasignan nuevamente de forma aleatoria a la nueva muestra y la tasa de aprendizaje (*learning rate*) se reduce a la mitad. “(...) El propio programa toma sus decisiones acerca de los parámetros a utilizar y cómo deberían ser cambiados para modelar mejor los datos; éste, mediante un procedimiento de aprendizaje dinámico, monitorea y modifica el índice de aprendizaje inicial y final; si se detectan oscilaciones

significativas en el error medio cuadrático (RMS) los índices de aprendizaje se reducirán a la mitad y el proceso comenzara nuevamente” (Gallardo Beltrán, 2014: 420). “Los demás parámetros de MLP son usados por LCM en sus valores usados por defecto. Sin embargo, LCM sí aplica modificaciones espaciales a la información de salida. Al estar modelando transiciones específicas⁷¹, LCM oculta de los potenciales de transición todos los casos de cualquier transición específica que no coinciden con el caso *from* (desde)” (Eastman, 2012: 231)

Al iniciar el proceso, el modelo asigna valores de pesos aleatorios a la capa de entrada y los compara con la capa de salida esperada. Luego de ser incorporadas todas las variables a la red neuronal se determina el RSM observado y el esperado para todas las observaciones y se ajustan las matrices de ponderación, distribuyendo el error en toda la red de forma uniforme. Este proceso conforma un ciclo, el cual se repite hasta que los valores de salida producen cada vez menos diferencias (teniendo en cuenta el nivel de error calculado). En general se trata de entre 4000 a 10000 ciclos. Una tasa de precisión que se aproxime al 80% es aceptable (Eastman, 2006 cit. en Mishra *et al.*, 2014).

Los valores de ponderación obtenidos se almacenan para ser usados posteriormente sobre las capas de entrada relacionándolas con las variables analizadas, para obtener finalmente los mapas de potenciales de transición.

4.2.4. SIMULACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS

Resultado de ejecutar los submodelos trabajados se obtienen mapas de potenciales de transición (en cada celda se encuentra un valor de probabilidad de que dicha celda cambie de un uso de suelo a otro en una iteración⁷²). “El principio básico detrás del módulo es evaluar la tendencia del cambio de una categoría de uso de la tierra a otra, los factores que influyen, como caminos, pendientes, aspecto y tipo de suelo, y finalmente predecir el patrón de uso de la tierra basado en la tendencia de cambio anterior” (Mishra *et al.*, 2014:16).

El paso siguiente corresponde a la simulación prospectiva en la que se utilizan índices de cambios y el mapa de potencial de transición generado en el paso anterior, el cual determina la influencia de las variables trabajadas en los cambios futuros, los cambios sucedidos entre el tiempo inicial y final, para luego calcular una cantidad relativa de

⁷¹ En este caso las transiciones de cada clase a la categoría AUC.

⁷² En este caso, una iteración corresponde a un año.

transición a una fecha futura (2018 y 2030). “La cantidad de cambio es modelada mediante un análisis de cadenas de Markov, que muestra la probabilidad de cada categoría de usos del suelo de cambiar a cualquier categoría según lo observado en el pasado” (Gallardo Beltrán, 2014: 266). Una Cadena de Markov es un proceso aleatorio donde el siguiente paso depende del estado actual. “La matriz de transición entre la fecha de t_0 y t_1 (que determinan el periodo T) se obtiene mediante la superposición de los mapas de CUS⁷³ de las mismas fechas. Se obtiene la superficie (o el número de píxeles) para cada transición. La matriz de transición puede ser transformada en una matriz de probabilidad de transición que permite hacer proyecciones a uno o varios periodos T (fecha $t_1 + T$). (...) Las probabilidades de transición anuales se obtienen realizando una corrección lineal simple de las probabilidades de transición” (Mas *et al.*, 2010).

Con el objetivo de ajustar el potencial de cambio a determinadas políticas de ordenamiento que no pueden derivarse de las variables seleccionadas (Mas *et al.*, 2010), en este paso es posible añadir al modelo mapas de infraestructuras futuras, zonificación, restricciones para determinados cambios como así también otros incentivos, aunque para este trabajo dichas opciones no fueron consideradas.

“La asignación del cambio es un proceso de decisión que selecciona los píxeles que van a experimentar cierto cambio con base en los mapas de probabilidad de cambio. En el supuesto de que los píxeles que cambian son los que tienen mayor probabilidad, LCM selecciona los píxeles con valores de probabilidad más altos” (Mas *et al.*, 2010). La predicción de cambio de usos del suelo puede ser “dura” (*hard prediction*) en la que la asignación del uso de suelo para cada celda se vale del modelo de asignación MOLA (*Multi-objective Land Allocation*)⁷⁴ que “resuelve conflictos de asignación cuando dos o más células coinciden en los valores de transición potencial para albergar estado de uso de suelo concreto” (Díaz Pacheco y Hewitt, 2013:15), dado que normalmente existe competencia entre diferentes transiciones, es decir el mismo sitio puede ser candidato a transiciones diferentes (Mas *et al.*, 2010). Una predicción “dura” es una propuesta del estado de las mismas categorías de usos del suelo de la fase de calibración (t_0 y t_1), en el tiempo t_2 (Camacho Olmedo *et al.*, 2010). Para lograr la reproducción de patrones

⁷³ Cambios de usos del suelo.

⁷⁴ “Modelo de optimización espacial multiobjetivo, del *software* SIG Idrisi, se construye dentro de un ambiente heurístico de resolución de conflictos por competencia por el uso del suelo. El modelo considera un número de factores asignados, según pesos otorgados para cada factor, así como restricciones booleanas” (Eastman *et al.*, 1995, cit. en Henríquez Ruiz, 2014:92)

temporales y espaciales, LCM utiliza autómatas celulares (AC) (*up supra* capítulo 2 apartado 2.5.1) (filtro de 3x3 píxeles)⁷⁵ en todas las transiciones. Por efecto de la proximidad, áreas cercanas a parches existentes de una categoría son más propensas a cambios hacia dicha categoría. (Mas *et al.*, 2010).

Asimismo, es posible obtener una predicción “blanda” (*soft prediction*) que “produce un mapa de vulnerabilidad de cambio para el grupo de transiciones seleccionado, indicando el grado que tiene cada área para precipitar el cambio”. (Gallardo Beltrán, 2014: 422)

4.2.5. VALIDACIÓN

“Se entiende el proceso de validación como una valoración objetiva del grado de ajuste de las reglas establecidas por el modelo basado en RNA, y no una confirmación automática de la aplicabilidad de los resultados del trabajo. Por lo tanto, un modelo validado no es necesariamente un buen modelo” (Díaz Pacheco y Hewitt, 2013:15). “La validación es la demostración de que el modelo, dentro de su dominio de aplicabilidad, posee un rango satisfactorio de exactitud” (Gallardo Beltrán, 2014:285).

Para poder validar las simulaciones, se utilizó un tercer mapa de usos de suelo para cada ciudad y para un momento diferente y posterior a los usados en el análisis de cambios, al cual se lo considera como “verdad de terreno”⁷⁶ (año 2018), y sirve de comparación con la simulación creada. Se simuló un escenario de trayectoria lineal al año 2018 y se lo comparó con la “verdad de terreno” para dicho año, una vez validado este escenario, se procedió a simular un escenario de trayectoria lineal para el año 2030. “Comprobar la confiabilidad de un producto cartográfico, principalmente la de los mapas de uso de suelo y vegetación, posibilita a los interesados valorar su ajuste con la realidad para asumir el

⁷⁵ En LCM no hay ninguna opción para controlar el comportamiento del AC (Mas *et al.*, 2010).

⁷⁶ Para lograr este mapa denominado “verdad de terreno” se generó, con la misma metodología utilizada para los mapas de usos del suelo de los años 1990 y 2010, un mapa de usos del suelo para el año 2018, el cual se validó haciendo uso de imágenes de mayor resolución espacial provenientes de *Google Earth* ®. Esta metodología fue descripta oportunamente en el capítulo 3. El porcentaje de fiabilidad de la clasificación realizada fue del 78,83% para Curuzú Cuatía, 73,21%, Paso de los Libres y 66,4% para Goya (valores obtenidos en base a un análisis realizado sobre una muestra seleccionada por el método aleatorio estratificado). En consecuencia, una extensión a la totalidad de la población de píxeles de la cartografía de usos de suelo en cada ciudad con un nivel de significación de 0,1, permite asegurar con un 90% de probabilidad que la fiabilidad real de los mapas de usos de suelo se encuentran en 78,83%±3,73 para Curuzú Cuatía, 73,21%±3,69 para Paso de los Libres y 66,4%±4,01 para la ciudad de Goya. En este sentido la validación es considerada adecuada ya que autores como Chuvieco Salinero (2008) y Olaya (2014) recomiendan una precisión superior al 80% y 75% respectivamente, por otro lado se deben considerar las características de los insumos empleados en cuanto a resolución espacial y “la heterogeneidad propia de los centros urbanos en cuanto a respuesta espectral” (Da Silva *et al.*, 2014).

riesgo de tomar decisiones con base en esta información cartográfica” (Mas *et. al.*, 2003, cit. en Camacho-Sanabria *et al.*, 2017:41).

La comparación se realiza inicialmente de manera visual y posteriormente se aplican métodos estadísticos al mapa validado para el año 2018 para calcular el porcentaje de fiabilidad global y los índices *Kappa*. Haciendo uso de una matriz de confusión, la validación se realizó para la cantidad (proporción de píxeles correctamente clasificados en cada clase tomando como referencia los existentes en el mapa considerado como “verdad de terreno”), y la localización (proporción de píxeles cuya localización coincide con la que asume en el mapa “verdad de terreno”). Para realizar este doble análisis se recurrió al software *Map Comparison Kit* (MCK) versión 3.2 desarrollado en Holanda por el *Research Knowledge System Institute* (RIKS), que permite obtener diferentes medidas de confiabilidad como así también cartografía relacionada con las mismas.

Sobre la validación en relación de la cantidad, el porcentaje de celdas coincidentes (C) se puede determinar como el número de celdas coincidentes en ambos mapas (N_c) sobre el número total de celdas clasificadas (N):

$$C = \frac{N_c}{N}$$

De forma similar es posible calcularlo además en cada categoría para conocer la robustez de la clasificación por clase.

“Este parámetro es sumamente sencillo y no refleja la naturaleza de la modificación que se produce entre las capas (o en el caso de utilizarse para validar una clasificación, la naturaleza del error cometido) por lo que pueden encontrarse alternativas más elaboradas” (Olaya, 2014:551), como por ejemplo los que se verán a continuación.

El índice más habitual utilizado es el *Kappa* que se basa en la comparación directa de un mapa celda a celda, que considera la correspondencia para cada par de celdas. “Cuando la comparación consiste en varias comparaciones por pares, la estadística *Kappa* puede ser un enfoque adecuado” (Carletta 1996, cit. en Hagen, 2002:02); se lo calcula de la siguiente forma:

$$K = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)}$$

Donde $P(A)$ representa el acuerdo observado o proporción de celdas coincidentes en ambos mapas y $P(E)$ representa el acuerdo esperado o proporción de acuerdo esperada sujeta a la distribución observada (Hagen, 2002).

El valor de K varía entre -1 y 1 donde -1 indica una correlación en sentido inverso, 1 una correlación perfecta en sentido directo, y los valores próximos a 0, ausencia de relación, es decir, igualdad entre la proporción de celdas coincidentes en ambos mapas y la proporción de acuerdo esperada exclusivamente por causa del azar. “Valores por encima de 0,75 indican en general una muy buena correlación” (Olaya, 2014:552). K también puede ser determinado de forma independiente para cada clase.

Pero según Pontius (2000) el estadístico *Kappa* confunde similitud en cantidad (número total de celdas tomadas por cada categoría) con similitud de ubicación (se refiere a la distribución espacial de las diferentes categorías en el mapa) (Hagen, 2002). Para reconocer en qué medida la similitud de ubicación y cantidad están representadas en el estadístico *Kappa*, se divide en dos estadísticas: *Kappa Histo* (o K_{Histo}) y *Kappa Location* (o K_{Loc}).

$$Kappa = K_{Histo} * K_{Loc}$$

El valor de *Kappa* y las estadísticas relacionadas se puede calcular tanto para el mapa completo como para las categorías individuales que se encuentran en la leyenda.

Los valores hasta aquí expuestos suponen la pertenencia (o no) de manera excluyente de una determinada celda del mapa a una de las categorías definidas. En otras palabras, se trata del análisis de la precisión tomando en cuenta “conjuntos claros, precisos o *crisp*”. Sin embargo, desde la perspectiva de la lógica difusa, es posible definir conjuntos difusos según el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto. “Los conjuntos *fuzzy* (o difusos) no tienen contornos definidos. El ser miembro de un conjunto *fuzzy* no significa que se pertenezca o no de una manera definitiva al mismo. Un miembro puede pertenecer al conjunto en un mayor o menor grado” (Aguilar Jáuregui y Peredo Macías, 1999: 12). “En la evaluación clásica de los errores todas las asignaciones erróneas están igualmente ponderadas; sin embargo, para Foody (2002) unos errores son más importantes que otros. Por ejemplo, en los errores de carácter espacial pueden tener menor importancia los errores que se encuentran en los bordes de las categorías. Este autor propone utilizar, por ello, técnicas de precisión de forma difusa (*fuzzy*)” (Gallardo Beltrán, 2014:123).

Teniendo en cuenta la complejidad y la dinámica del objeto de estudio, los materiales utilizados, las variables seleccionadas, los modelos escogidos, todas las limitantes derivadas del tipo de estudio que se desarrollan, entre otros elementos que no han sido considerados (por ejemplo la inclusión de factores sociales), la existencia de errores y de incertidumbre en las asignaciones son factores importantes a considerar. En este sentido, el análisis de la precisión del modelo desde la perspectiva de la lógica difusa se propone como una alternativa para manejar las ambigüedades posibles en los mapas a comparar.

En consecuencia, desde este enfoque, se calculó el valor *Fuzzy Kappa* que toma en cuenta que existen grados de similitud entre pares de celdas de dos mapas por lo que su cálculo se realiza en base a la comparación entre pares de celdas en dos mapas de conjuntos difusos que, para su generación, tiene en cuenta el valor de categoría que asume y la vecindad de una celda para expresar la similitud de dicha celda⁷⁷. El valor de *Fuzzy Kappa* puede asumir valores en el intervalo $[0,1]$, donde el 0 indica completa distinción y 1 total identidad, en otras palabras, el valor de *Kappa Fuzzy* que se determine en cada celda comparada indicará el grado de pertenencia o no al conjunto nítido $\{0,1\}$. Este estadístico “es capaz de considerar la desviación espacial del cambio de uso del suelo mediante una función de pertenencia difusa, considerando un gradiente de menor a mayor desviación, utilizándose, para ello, una función exponencial de distancia y un factor de vecindad” (Loibl *et al.*, 2007, cit en Gallardo Beltrán, 2014:111-112). Para este trabajo, se consideró la configuración por defecto brindada por el software: función de decaimiento exponencial al aumentar la distancia y vecindad de 4 píxeles⁷⁸. La función de decaimiento exponencial por la distancia supone que el valor de la función disminuirá abruptamente a una tasa proporcional, en este caso disminuirá a la mitad, respecto de un valor actual. “El ‘radio de vecindad’ se establece en 4, lo que significa que comparamos el valor de una celda de cuadrícula específica en el mapa 1 con las celdas de cuadrícula en el mapa 2 que se encuentran dentro de un círculo con un radio de cuatro celdas de cuadrícula” (RISK, 2011: 351)

En síntesis, la siguiente figura esquematiza el proceso seguido en todo el trabajo:

⁷⁷ El Estadístico *Kappa* es un caso particular del *Kappa Fuzzy* cuando el grado de difusión o de borrosidad es cero (Hagen, 2002).

⁷⁸ Es posible modificar la configuración en ambos aspectos: modificando el radio del vecindario y cambiando la función de decaimiento por una de tipo lineal (cuya pendiente es modificable a valores entre 0 y 1) o por un factor de decaimiento constante (cuyo valor también es modificable entre 0 y 1).

Figura N° 4.3. Secuencia de etapas abordadas en el desarrollo del presente trabajo para la obtención escenarios de trayectorial lineal.



Fuente: Elaboración Propia

4.3. RESULTADOS

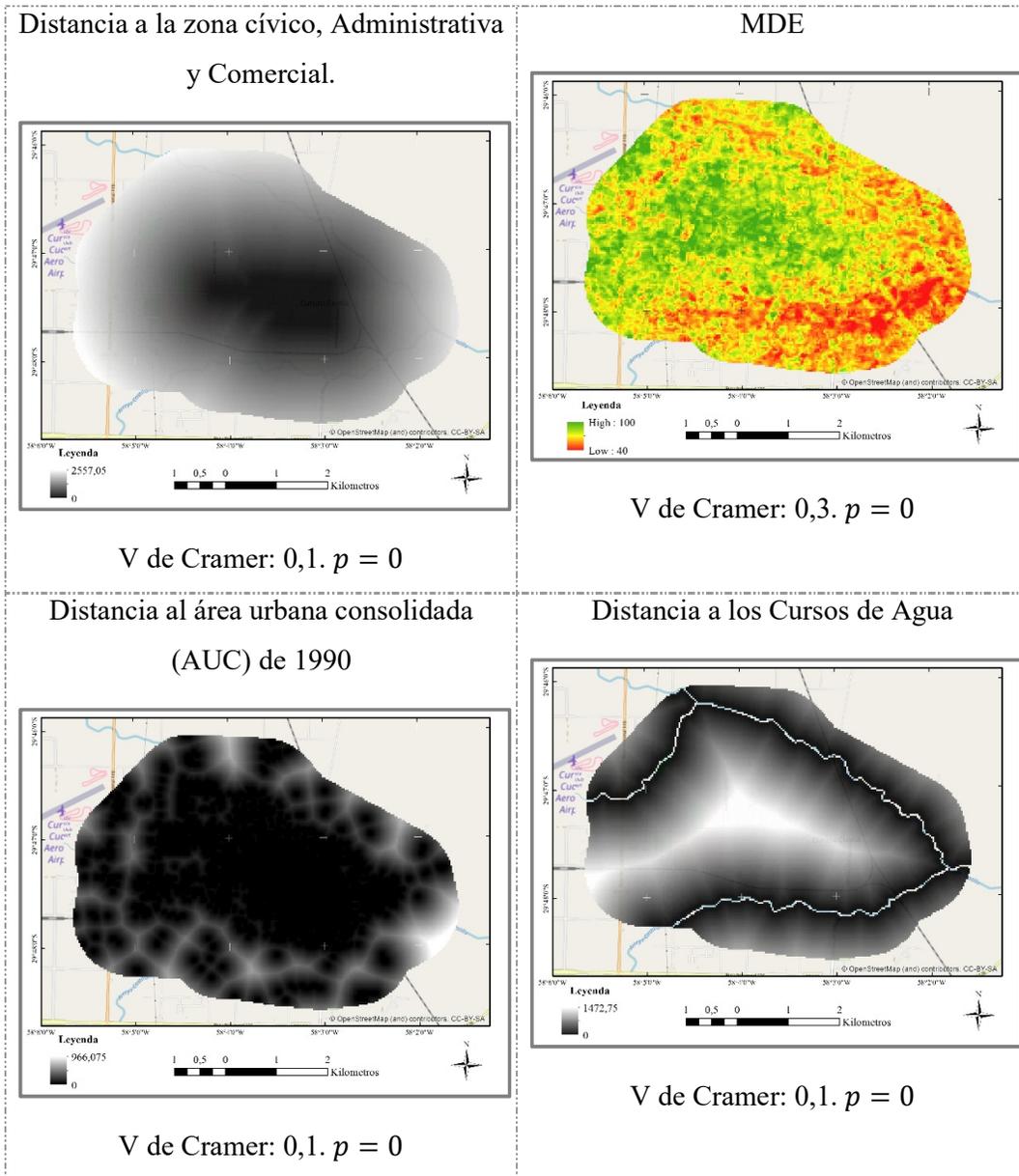
4.3.1. CURUZÚ CUATIÁ

4.3.1.1. Variables Seleccionadas

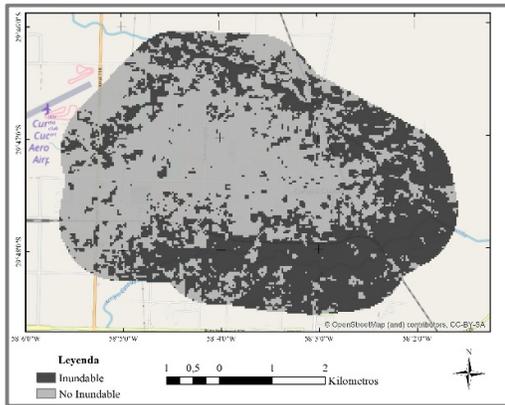
La selección de variables analizadas depende de las características biofísicas propias de cada ciudad (alturas, presencia de cuerpos y cursos de agua, defensas estructurales contra inundaciones), de la presencia de sectores centrales (de la ciudad tomado desde la plaza principal o el sector administrativo y comercial) y de la normativa vigente analizada.

A continuación se exponen la distribución espacial de las variables seleccionadas en la ciudad de Curuzú Cuatiá en función del Valor de V de Cramer calculado con el LCM de Idrisi Selva. Tomando en cuenta la bibliografía consultada, se consideraron útiles aquellas variables cuyo valor de V de Cramer alcanzó el 0,1 (en ciertos casos dicho valor se ha alcanzado redondeando los valores a la primera cifra decimal) y el valor de probabilidad p sea bajo.

Tabla N° 4.2. Variables exploradas y analizadas a través de la V de Cramer, Curuzú Cuatiá.

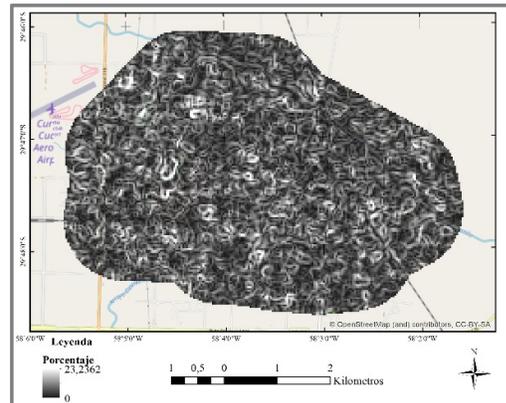


Área Inundable y no inundable⁷⁹



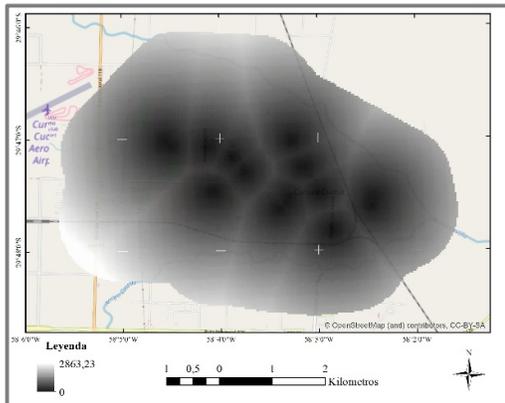
V de Cramer: 0,3. $p = 0$

Pendiente



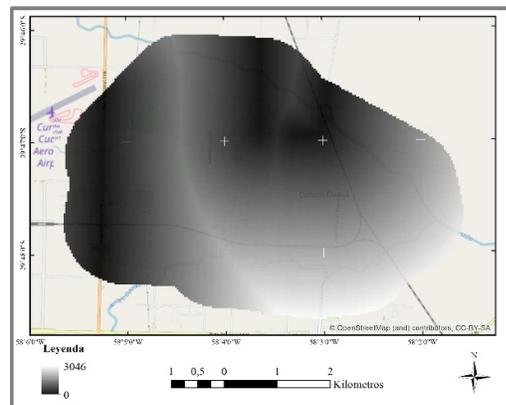
V de Cramer: 0,3. $p = 0,5$

Distancia a equipamientos educativos



V de Cramer: 0,1. $p = 0$

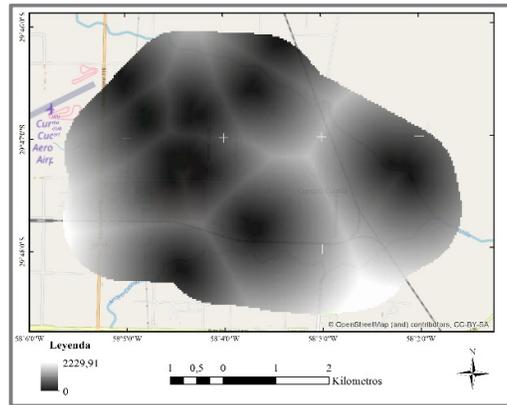
Distancia a Rutas Nacionales y Provinciales



V de Cramer: 0,1. $p = 0$

⁷⁹ Se le aplicó una transformación denominada *posibilidad de evidencia*, la que permite incorporar variables categóricas al análisis. La opción MLP no requiere que las variables estén linealmente relacionadas, pero la transformación a veces puede facilitar la resolución en casos de falta de linealidad fuerte y arrojar así una precisión mayor (Eastman, 2012).

Distancia a Espacios Verdes



V de Cramer: 0,1. $p = 0$

Fuente: Elaboración Propia

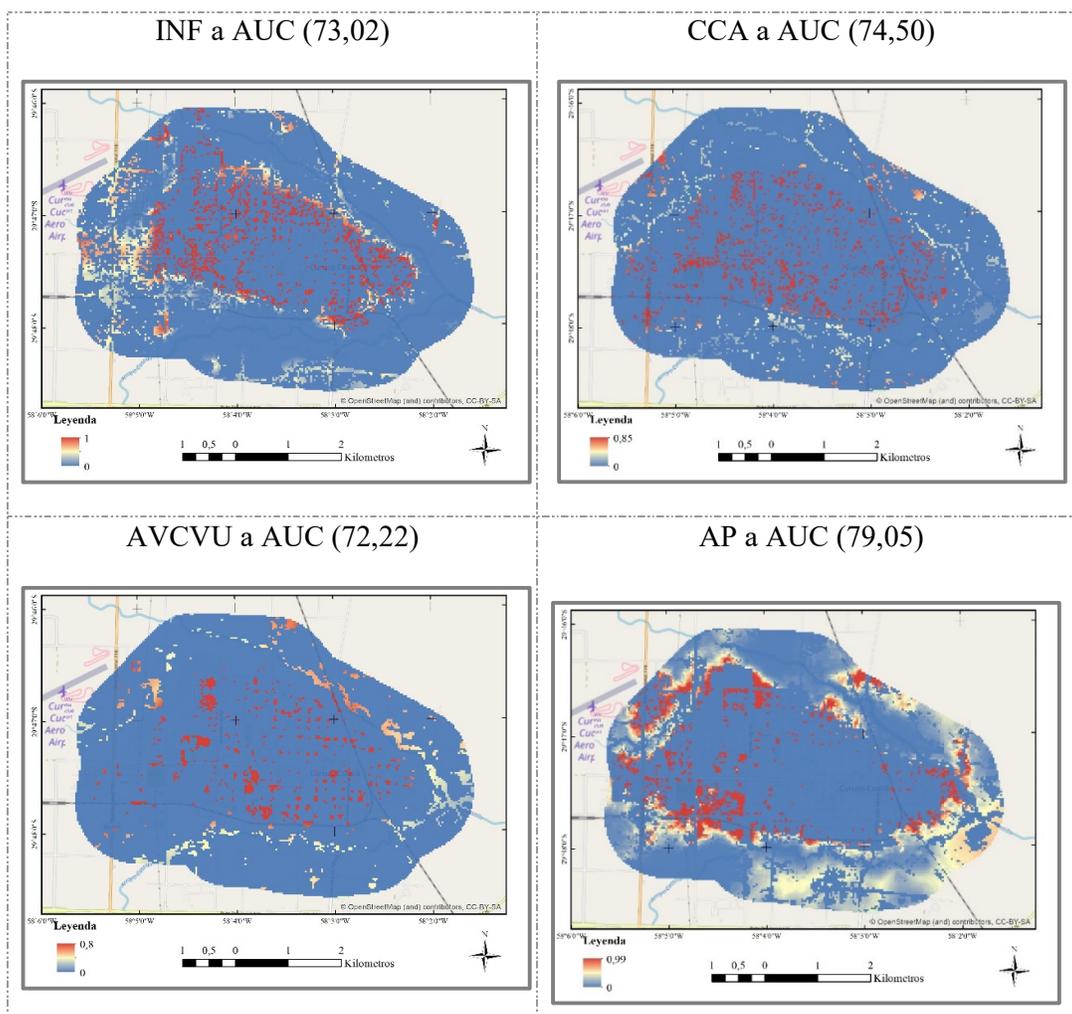
4.3.1.2. Cálculo de Potenciales de Transición

Como se expuso en párrafos anteriores, los potenciales de transición generados permiten observar qué tan probable es que un tipo de uso de suelo (o grupo de ellos) mute hacia otro, y dependen de las variables escogidas. A continuación se exponen tales mapas de potenciales de transición con su correspondiente porcentaje de acierto⁸⁰ en función de las variables seleccionadas. En otras palabras, se aprecian que las mayores probabilidades de cambio de uso del suelo hacia el AUC (cercanas a 1 de color rojo) se localizan en las cercanías a esta misma clase (del año 1990) fortaleciendo la idea de consolidación de la misma.

Como puede observarse en la tabla N° 4.3, los potenciales de transición solo se modelan para el cambio en el año inicial, es decir, si por ejemplo la transición fuera del AP al AUC, los valores de probabilidad generados serán únicamente para los píxeles que hayan sido clasificados como AP en el año 1990.

⁸⁰ Si bien este valor, como se hizo referencia en el apartado de metodología, se considera aceptable cuando ronda el 80%, en este estudio se consideraron porcentajes de acierto menores dados los antecedentes consultados, en los cuales ha habido porcentajes del 50,8% aceptados (*cf.* Mishra, *et al.*, 2014).

Tabla N° 4.3. Potenciales de Transición de cada clase a la categoría AUC y su correspondiente porcentaje de acierto.



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.3. Simulación de Escenario Futuro

El escenario simulado al año 2030 (Mapa Temático N° 4.1) se corresponde con una trayectoria lineal, es decir el comportamiento tendencial que supone la influencia de determinadas variables, de igual forma, a partir de lo ocurrido en los años 1990 y 2010.

La demanda de cada uso del suelo que se esperaría que pasara del año 2010 al 2030 está determinada por una matriz de transición (Tabla N° 4.4) que muestra la probabilidad de que una clase mute a otra en el lapso considerado. Respecto de la misma, es interesante hacer mención a los valores de probabilidad presentes en la diagonal principal, es decir, la probabilidad de que un determinado uso del suelo se conserve en un futuro. A

excepción del valor para la clase CCA, las restantes categorías muestran porcentajes próximos al 35% o superiores de mantenerse en un futuro. Los valores expuestos reflejan además la mayor actividad que se presentaría entre diferentes pares de clases. Así, para el año 2030, habría un 22,5% y un 32,2% de probabilidades de que la INF mute hacia el AUC y hacia el AP respectivamente; un 21,9% y un 37,7% de que los CCA cambie al AVCVU y el AP respectivamente; un 20,3% y un 18,7% de probabilidad de que la clase AVCVU cambie al AP y a la INF respectivamente; y un 14,7% de que la clase AP mute a la INF. Particularmente, la clase AUC se muestra fuerte en cuanto a persistir al cambio (72,1% de probabilidad de mantener la superficie clasificada como AUC en 2010, en el año 2030) y un 11,9% de probabilidad de mutar hacia la INF. En síntesis, y considerando solo el AUC, se determinaron mayores probabilidades de aportes al incremento del AUC desde las categoría INF y CCA.

Tabla N° 4.4. Matriz de probabilidades de Transición para el año 2030. Curuzú Cuatiá.

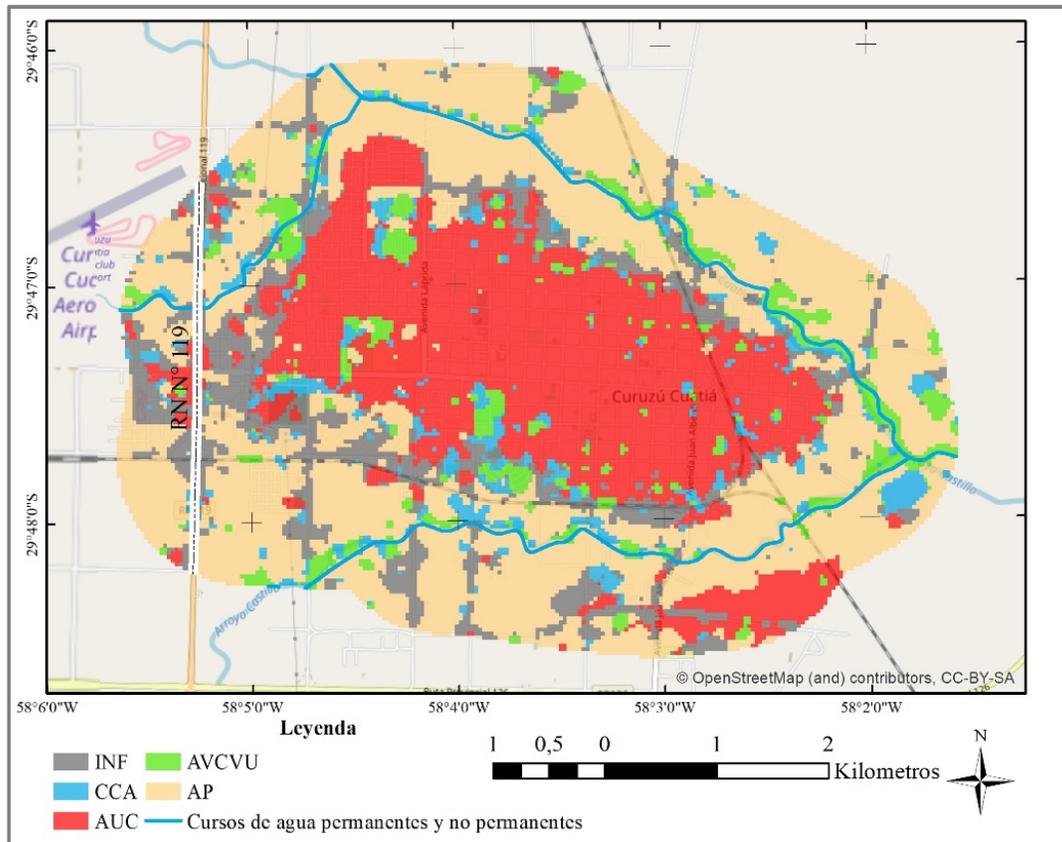
	INF	CCA	AUC	AVCVU	AP
INF	0,3488	0,0910	0,2252	0,0130	0,3220
CCA	0,1627	0,1861	0,0556	0,2191	0,3765
AUC	0,1194	0,0969	0,7205	0,0249	0,0383
AVCVU	0,1873	0,1171	0,0451	0,4475	0,2029
AP	0,1472	0,0494	0,0447	0,0132	0,7455

Fuente: Elaboración Propia.

Concluido el proceso se evidencia la importante dinámica que se experimentará en el área de estudio bajo los supuestos expuestos anteriormente. La clase AUC muestra un fuerte sostenimiento y se afianza ya que en el año 2030 disminuyen aquellos espacios internos o intersticios sin ocupar e incluso desaparecen del escenario futuro. Asimismo, y apoyándonos también en las tendencias generales calculadas mediante el polinomio de tercer grado (*up supra* Título 4.2.1) se aprecia un avance de la clase AUC hacia la Ruta Nacional N° 119 en las proximidades o el acceso principal de la ciudad. También es posible observar un aumento considerable de la clase AUC en el sector sur de la ciudad (Mapa Temático N° 4.2), aspecto que llama la atención al tratarse del sector de menores alturas según el MDE expuesto entre las variables elegidas para hacer correr el modelo, situación que enfrentará una posible urbanización en sectores anegadizos. Esta última

evidencia ejemplifica la utilidad de contar con un insumo que colabore en el ejercicio de la planificación territorial de una la ciudad. De esta manera, el desarrollo o avance del área urbana podría ser pensado de antemano buscando evitar consecuencias o externalidades negativas para la población y el ambiente. (Mapa N° 4.1 *Hard Prediction*).

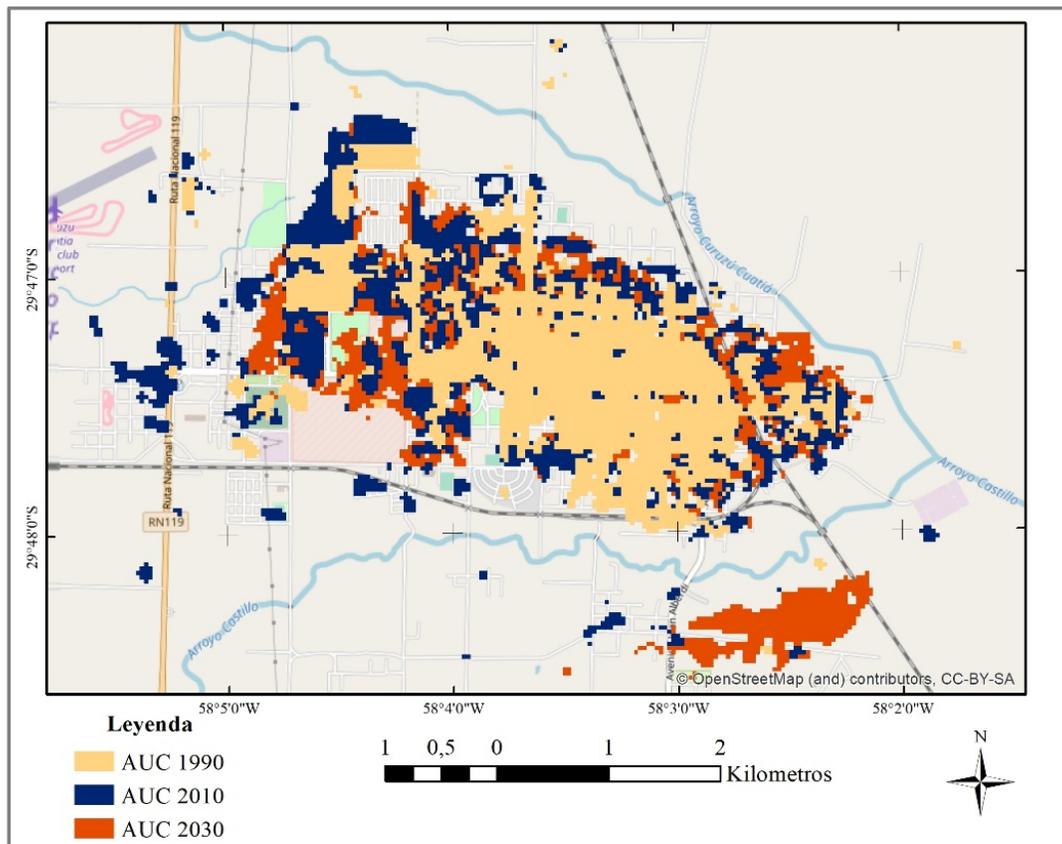
Mapa Temático N° 4.1. Escenario de Trayectoria Lineal. Usos de suelo para el año 2030. Curuzú Cuatiá⁸¹.



Fuente: Elaboración propia

⁸¹ Al solo efecto de mejorar la visualización, se ha aplicado un filtro moda considerando una vecindad de 3 x 3 píxeles.

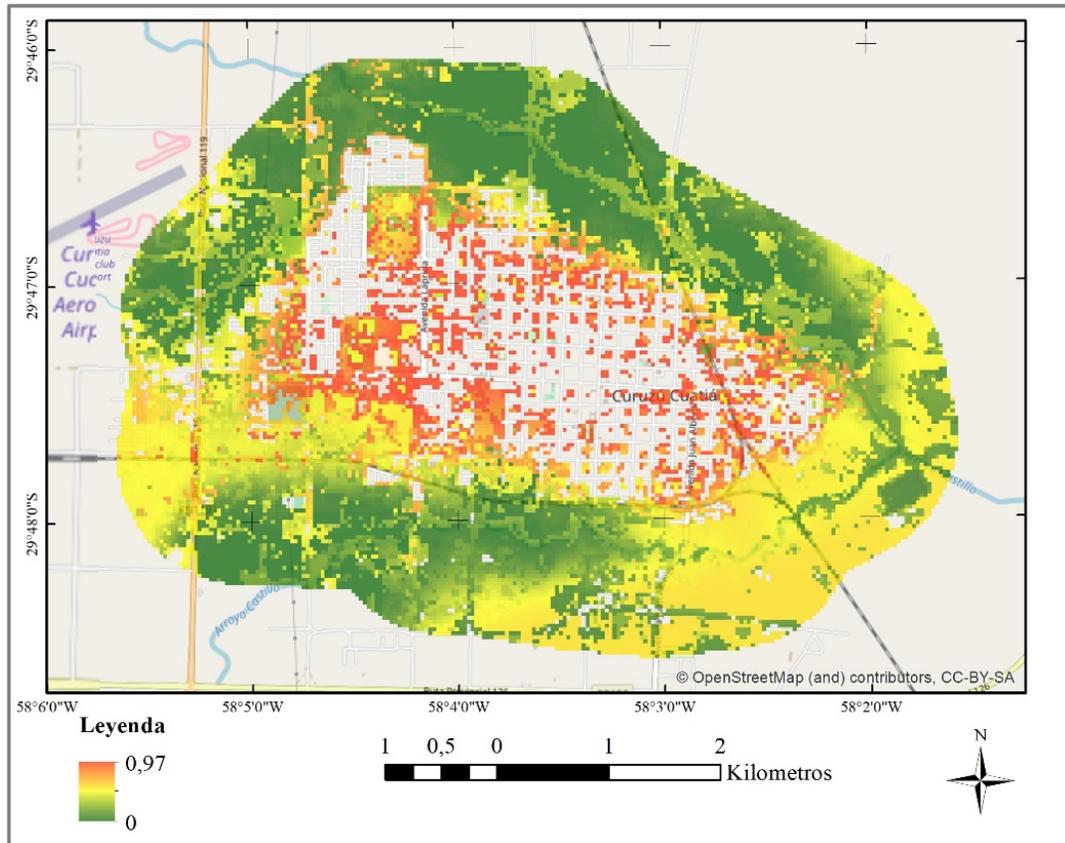
Mapa Temático N° 4.2. Avance de la mancha urbana entre 1990 y 2030.



Fuente: Elaboración Propia

Las áreas de alta probabilidad de cambios (Mapa Temático N° 4.3. *Soft Prediction*) se encuentran en las proximidades de los sectores ya clasificados como AUC (tanto en su interior como en los bordes), con una mayor concentración en el sector oeste suroeste. Con probabilidad moderada, y dibujando una continuidad con los sectores anteriormente nombrados, cambiarían hacia el AUC los espacios localizados en proximidades de la Ruta Nacional N° 119 (oeste suroeste) y en el sector sureste de la ciudad, en cercanías de las vías del ferrocarril y sobrepasando el arroyo otrora límite natural de la ciudad. Asimismo, se observa un valor moderado de probabilidad de cambio hacia el AUC en el sector este de la ciudad (nuevamente sobrepasando los arroyos existentes).

Mapa Temático N° 4.3. Escenario de predicción blanda para el año 2030. Curuzú Cuatía.



Fuente: Elaboración Propia

En síntesis en la tabla N° 4.5 se muestra la evolución de cada categoría (valores absolutos y porcentuales) en un periodo de 40 años. Como puede observarse, la clase AUC es la única clase cuya superficie se comporta de forma creciente en los tres momentos de análisis. Este comportamiento ha hecho que en el año 1990 sea la clase cuya proporción de superficie respecto del total la situaba en cuarto lugar (16,2 %), mientras que para el año 2010 alcanzó el segundo lugar (19,9%), manteniendo este orden de proporción en el 2030 (26,4%). En términos absolutos pasará de tener 376,11 Has en 1990 a 612,18 Has en 2030 (Tabla N° 4.5), lo que se traduce en un aumento del 62,76% de superficie en el lapso de 40 años.

Tabla N° 4.5. Superficie de cada clase en 1990, 2010 y 2030. Valores expresados en hectáreas y en porcentajes.

CLASE	Superficie año 1990 (Has)	%	Superficie año 2010 (Has)	%		Superficie año 2030 (Has)	%	
INF	538,83	23,3	450,81	19,5	↓	350,01	15,1	↓
CCA	493,38	21,3	229,14	9,9	↓	228,51	9,9	=
AUC	376,11	16,2	460,35	19,9	↑	612,18	26,4	↑
AVCVU	103,77	4,5	181,53	7,8	↑	174,33	7,5	↓
AP	803,43	34,7	993,69	42,9	↑	950,49	41,1	↓

Fuente: Elaboración Propia.

Se estimó además que las superficies de las clases AVCVU y AP aumenten en este periodo un 68% y 18,3% respectivamente. Por su parte, para en las clases INF y CCA se determinó un descenso del 35,05% y del 53,68% respectivamente en el mismo periodo (Tabla N° 4.5).

4.3.1.4. Validación

Comparación por categoría

Mediante el uso del MCK (*up supra*) fue posible comparar celda a celda cada clase y este proceso arrojó los resultados expuestos en la Tabla N° 4.6. El modelo considerado coincide aproximadamente en la distribución espacial del 57% de la clase AUC, 45% de la clase AP, 27% de la clase INF, 23% de la clase AVCVU y 11% de la clase CCA.

Tabla N° 4.6. Acuerdos⁸² y desacuerdos experimentados por cada clase. Valores en hectáreas⁸³ y porcentajes.

	Acuerdo	Solo simulado	Solo en “verdad de terreno”
Clasificado como AUC	371,88 Has	105,57 Has	174,85 Has
652,32 Has	57,01%	16,18%	26,79%
Clasificado como INF	197,28 Has	243,27 Has	285,21 Has
725,76 Has	27,18%	33,52%	26,9%
Clasificado como CCA	69,21 Has	157,05 Has	396,81 Has
623,07 Has	11,11%	25,21%	63,69%
Clasificados como AVCVU	80,46 Has	100,71 Has	171,72 Has
352,89 Has	22,8%	28,54%	48,66%
Clasificados como AP	480,69 Has	509,4	87,48 Has
1077,57 Has	44,61%	47,27%	8,12%

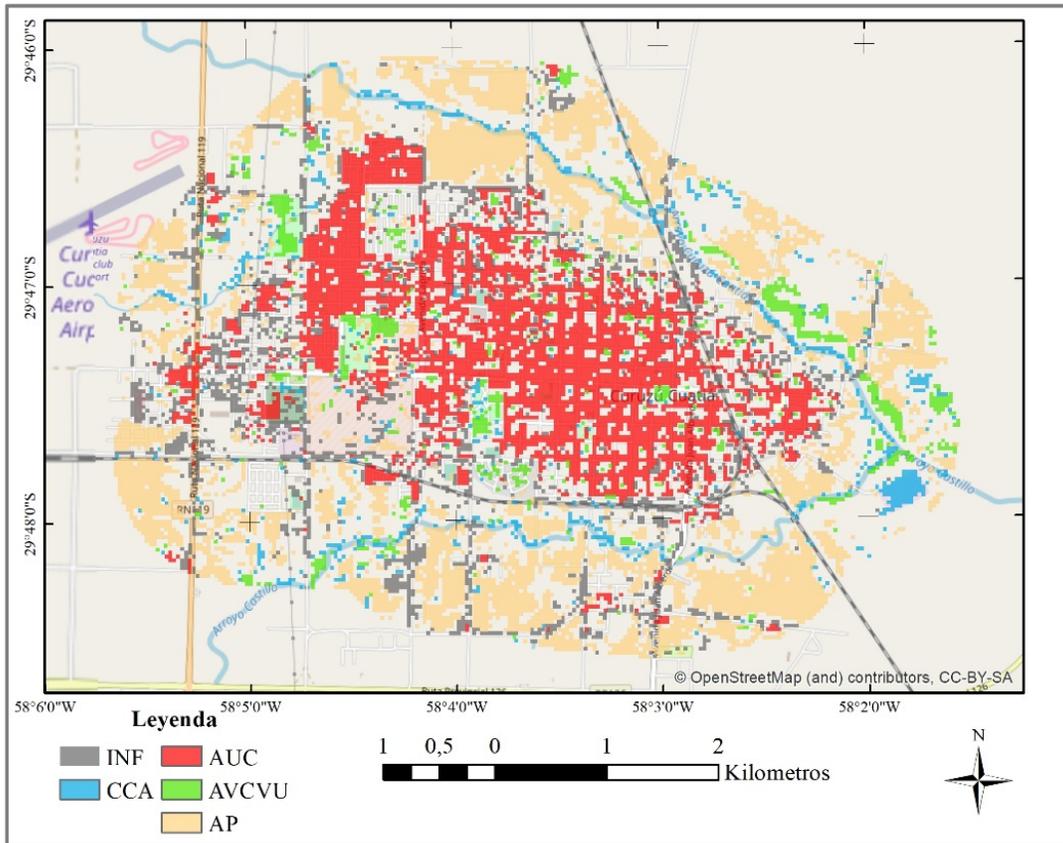
Fuente: Elaboración propia

La distribución espacial de tales coincidencias puede apreciarse en la mapa temático N° 4.4. El 27% de superficie correctamente simulada como INF se localiza efectivamente donde se encuentran calles y rutas, como así también sobre sectores en los que se hallan galpones de gran porte (en cercanías a la Ruta Nacional N° 119). El 11% de superficie clasificada correctamente como CCA, se sitúa en sectores donde existen arroyos, piletas de tratamiento (al sur sureste de la ciudad) y áreas de menores alturas (según el MDE expuesto entre las variables utilizadas para calibrar el modelo). El 23% de superficie correctamente asignada a la clase AVCVU se localiza en espacios donde existen grandes parques arbolados y en sectores aledaños a los cursos de agua. Por último, el 45% de superficie de AP coincidente tanto en el escenario simulado al año 2018 como en el considerado “verdad de terreno” se distribuye en todas las direcciones alrededor de la clase AUC.

⁸² Se define como “acuerdo” a la coincidencia en la asignación de usos del suelo en cada pixel en los momentos de análisis.

⁸³ El Software MCK arroja valores que representan cantidad de píxeles.

Mapa Temático N° 4.4. Espacialidad de los acuerdos experimentados por cada clase en el año 2018. Curuzú Cuatiá.

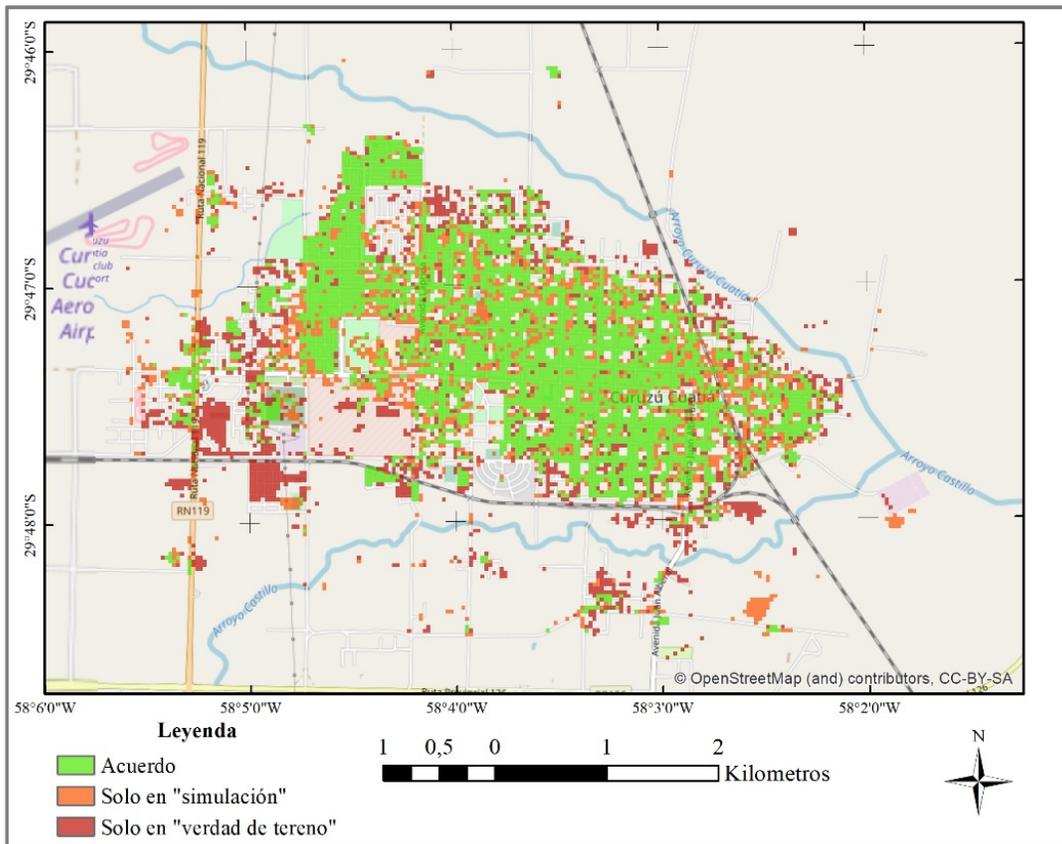


Fuente: Elaboración Propia.

Realizando un análisis particular para el AUC, claramente la proporción de píxeles clasificados como AUC y coincidentes en ambos mapas se presenta al interior de la clase, lo que aporta al crecimiento consolidado de la ciudad. Además, es posible observar coincidencia espacial de esta categoría, siguiendo la misma tendencia descrita para los escenarios del año 2030, en cercanía al acceso de la ciudad y en proximidades de la Ruta Nacional N° 119. El modelo considerado (con las variables escogidas) simula 105,57 Has en la clase AUC cuando no corresponden a tal clase y viceversa, existen 174,85 Has que corresponden a esta clase y no han sido simulados (en el espacio correspondiente). En el mapa temático N° 4.5 se puede observar la localización de los píxeles clasificados como AUC según hayan experimentado un acuerdo o no entre el mapa simulado y el considerado “verdad de terreno”. Claramente, la mayor proporción de píxeles clasificados como AUC y coincidentes en ambos mapas se presenta al interior de la clase. Los píxeles simulados incorrectamente según su localización se encuentran también distribuidos en

toda el área y se visualizan pocos espacios pero de mayor superficie al sur sureste. Los píxeles que debieron ser simulados en la clase AUC y no lo fueron se distribuyen en los alrededores de la misma con espacios de mayor superficie en el sector sur suroeste.

Mapa Temáticos N° 4.5. Espacialidad de los acuerdos y desacuerdos experimentados por la clase AUC.



Fuente: Elaboración Propia.

Fiabilidad Global y Método de Comparación *Kappa*

En esta etapa de la validación del modelo se determinó por un lado la fiabilidad global del mapa simulado, y por otro el porcentaje de concordancia de píxeles tanto en cantidad (K_{Histo}) como en localización (K_{Loc}) que se resumen en un único valor *Kappa* que refleja el grado de acuerdo entre las cartografías comparadas. Esta última terna de valores se obtuvo para el mapa completo y para cada categoría incluida en el mismo.

La fiabilidad global obtenida fue del 51,59% y los valores de *Kappa* para el mapa completo fueron: $K_{Loc} = 0,493$, $K_{Histo} = 0,766$ y $Kappa = 0,378$, es decir, hubo un

alto porcentaje de similitud en cantidad y un porcentaje medio de similitud en localización, lo que se resumen en un porcentaje de acuerdo justo según la clasificación realizada por Landis y Koch (1977) (establecieron la fuerza de acuerdo al comparar dos mapas con datos categóricos, en base a los valores de *kappa* obtenidos como sigue: $K < 0$, fuerza de acuerdo “pobre”; $0 \leq K \leq 0,2$, fuerza de acuerdo “ligera”; $0,21 \leq K \leq 0,4$, fuerza de acuerdo “justa”; $0,41 \leq K \leq 0,6$, fuerza de acuerdo “moderada”; $0,61 \leq K \leq 0,8$, fuerza de acuerdo “sustancial”; y $0,81 \leq K \leq 1$, fuerza de acuerdo “casi perfecta”).

Asimismo, las ternas de valores *Kappa* para cada categoría se detallan en la tabla N° 4.7. El análisis de estos valores permite identificar en qué proporción las diferentes categorías aportan al valor de *Kappa* calculado para el mapa completo. En este sentido, existe una mayor fuerza de acuerdo en la clase AUC (sustancial) seguidas por la clase AP (moderado), AVCVU, INF (justa) y en menor medida los CCA (ligera).

Respecto de la localización, las clases AP y AUC son las que experimentaron mejores acuerdos, seguidas por las clases AVCVU e INF y en menor medida por la clase CCA.

En relación a la similitud en cantidad, los valores expuestos muestran coincidencias altas entre asignaciones en el mapa considerado “verdad de terreno” y el simulado (valores superiores en todos los casos al 60%). En particular, la clase AUC experimenta una coincidencia total de asignación.

Tabla N° 4.7. Valores K_{Loc} , K_{Histo} y *Kappa* para cada clase.

	INF	CCA	AUC	AVCVU	AP
<i>K_{Loc}</i>	0,311	0,131	0,642	0,376	0,728
<i>K_{Histo}</i>	0,837	0,606	1	0,821	0,607
<i>Kappa</i>	0,26	0,079	0,641	0,308	0,442

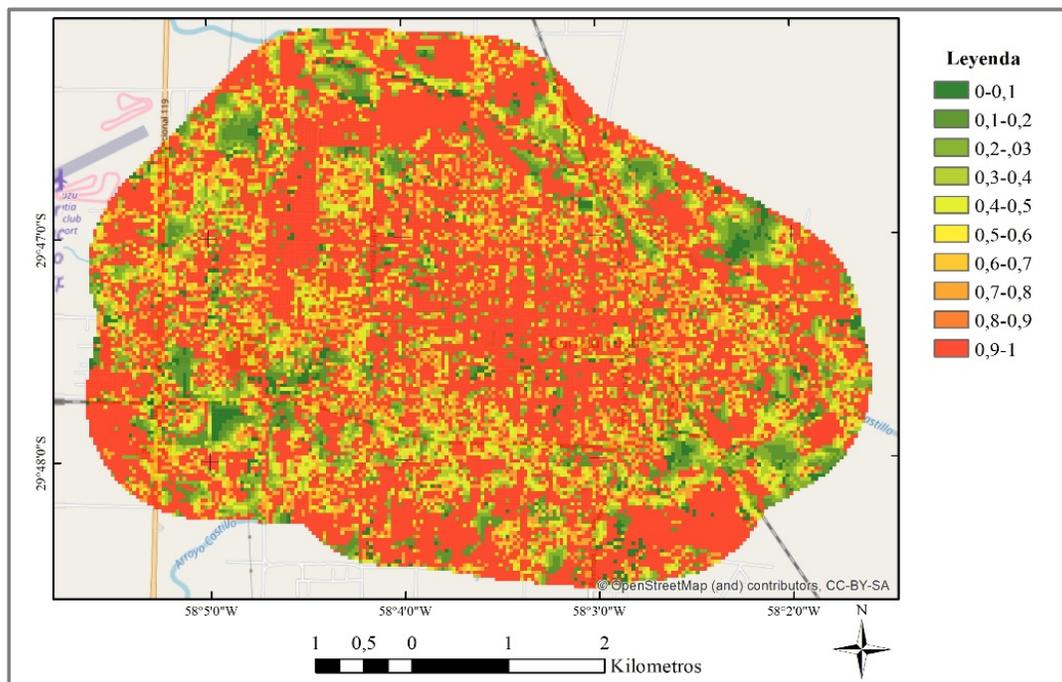
Fuente: Elaboración Propia.

Fuzzy Kappa

El valor de este índice considerando el decaimiento exponencial con la distancia de la influencia de una vecindad de los 4 píxeles vecinos, ascendió a 0,506. El siguiente mapa expone la comparación de los mapas elaborados para realizar la validación, considerando la lógica de conjuntos difusos (Mapa Temático N° 4.6).

Es interesante nombrar por un lado la distribución de los píxeles cuyos valores de similitud son superiores al 0,7 (lo que se traduce a valores cercanos a la identidad entre los mapas comparados) se localizan coincidentemente a la asignación espacial analizada en la comparación por clase. Es importante destacar además la predominancia de tales valores en el mapa de similitud difusa respecto de valores menores. Por otro lado, se encuentran píxeles con valores intermedios de similitud (entre 0,4 y 0,6) “salpicados” en la zona de estudio, con mayor predominio en los alrededores de los arroyos presentes en la ciudad. En relación a los píxeles cuyos valores tienden al 0 (entre 0 y 0,3) que indican completa disimilitud entre los mapas comparados, es posible identificar sectores con predominio de los mismos al norte noreste, al sur sureste, al norte noroeste y en menor medida al sur suroeste, en sectores de menores alturas (según el MDE expuesto).

Mapa Temático N° 4.6. Mapa de Similitud difusa. Curuzú Cuatía.



Fuente: Elaboración Propia

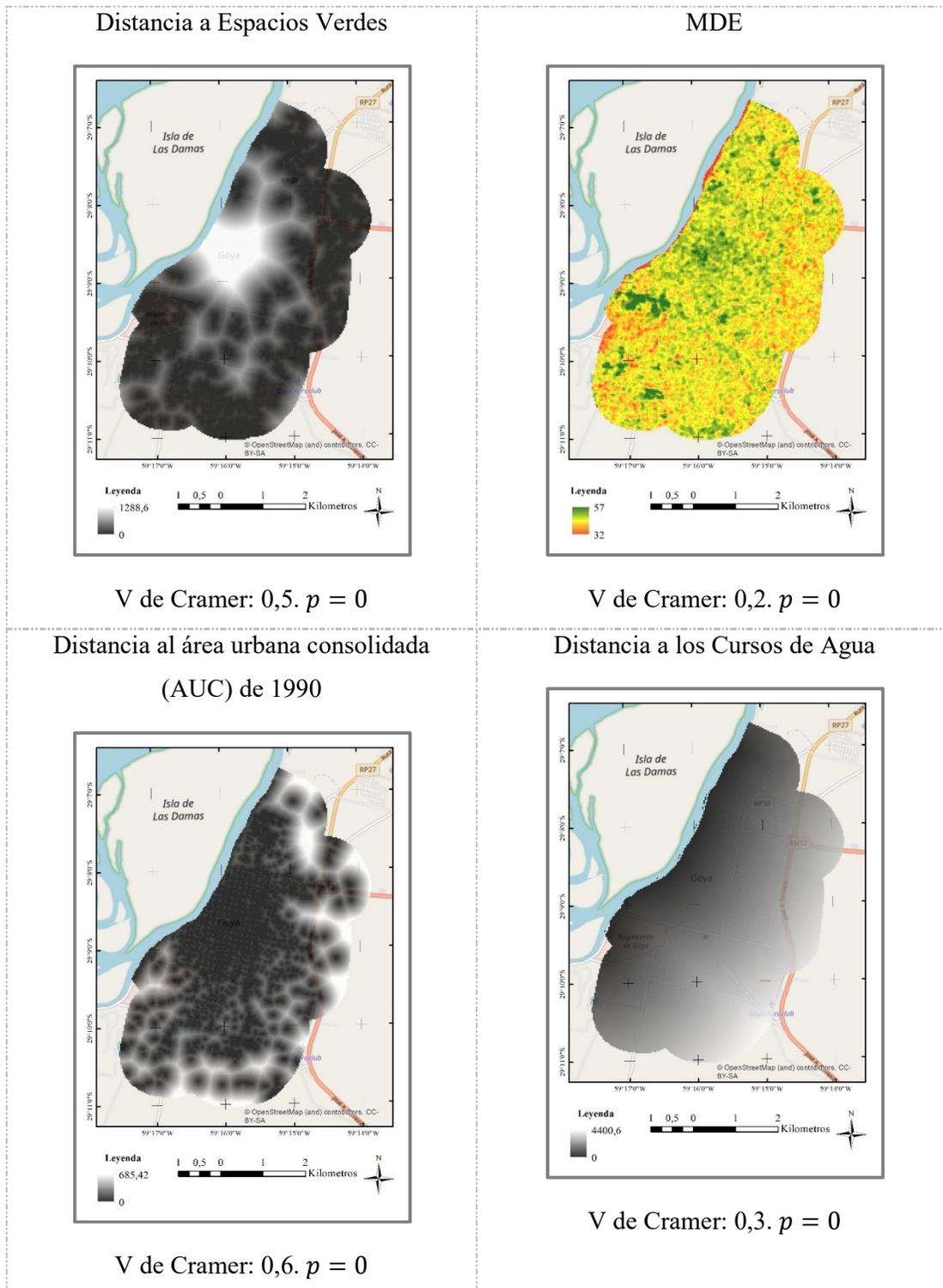
4.3.2. GOYA

4.3.2.1. Variables Seleccionadas

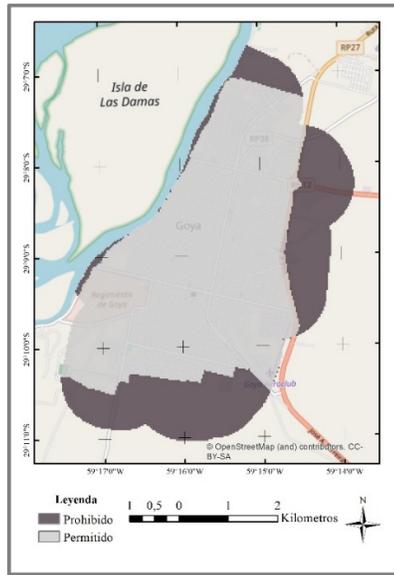
Para el caso de Goya, en la tabla siguiente se presenta la distribución espacial de las variables exploradas y seleccionadas, sus correspondientes valores de V de Cramer y p . Con el mismo criterio utilizado para el caso de Curuzú Cuatía, se seleccionaron aquellas

variables cuyo valor de V de Cramer alcanzó el 0,1 y el valor de probabilidad p resulte bajo (Tabla N° 4.8).

Tabla N° 4.8. Variables exploradas y analizadas a través de la V de Cramer, Goya.

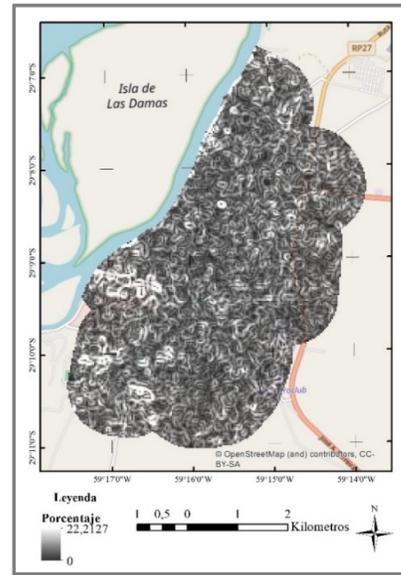


Zona Prohibida



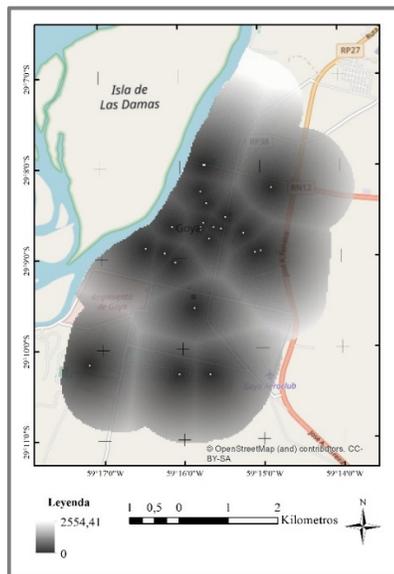
V de Cramer: 0,4. $p = 0$

Pendiente



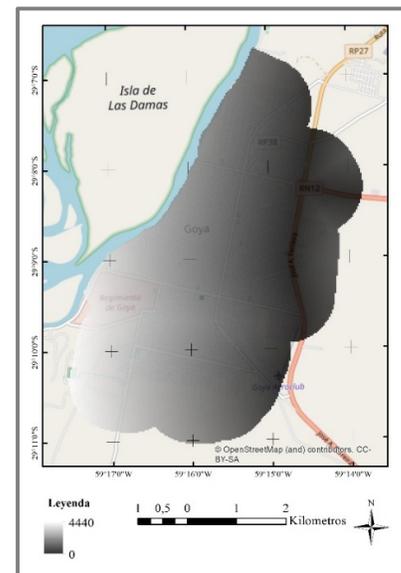
V de Cramer: 0,1. $p = 0$

Distancia a equipamientos educativos



V de Cramer: 0,5. $p = 0$

Distancia a Rutas Nacionales y Provinciales



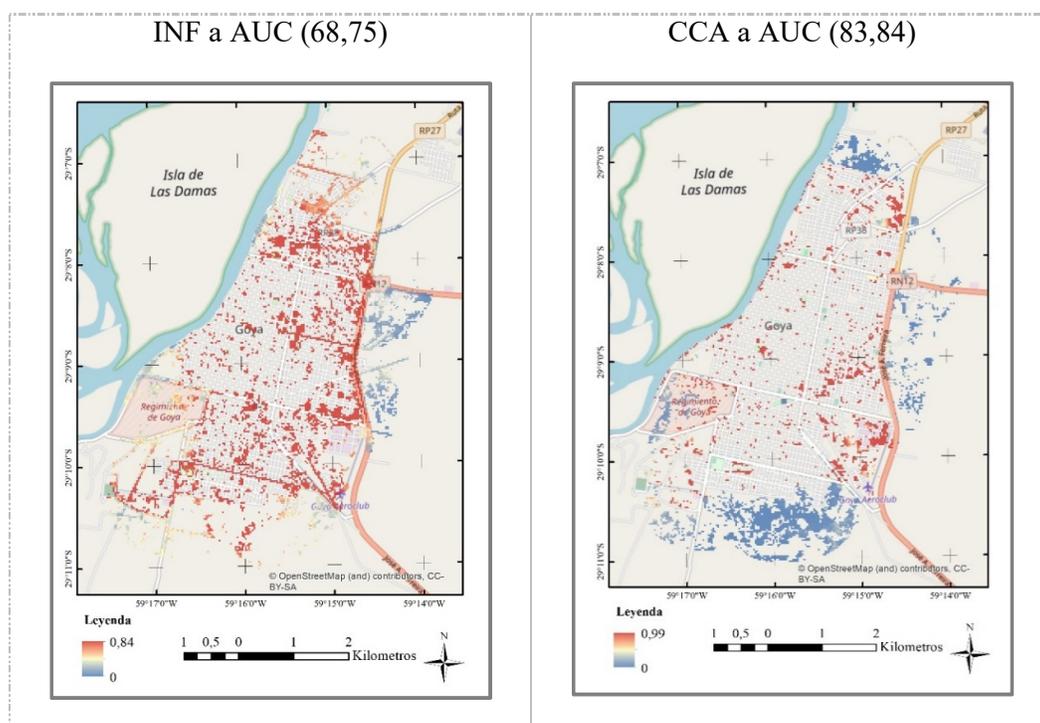
V de Cramer: 0,4. $p = 0$

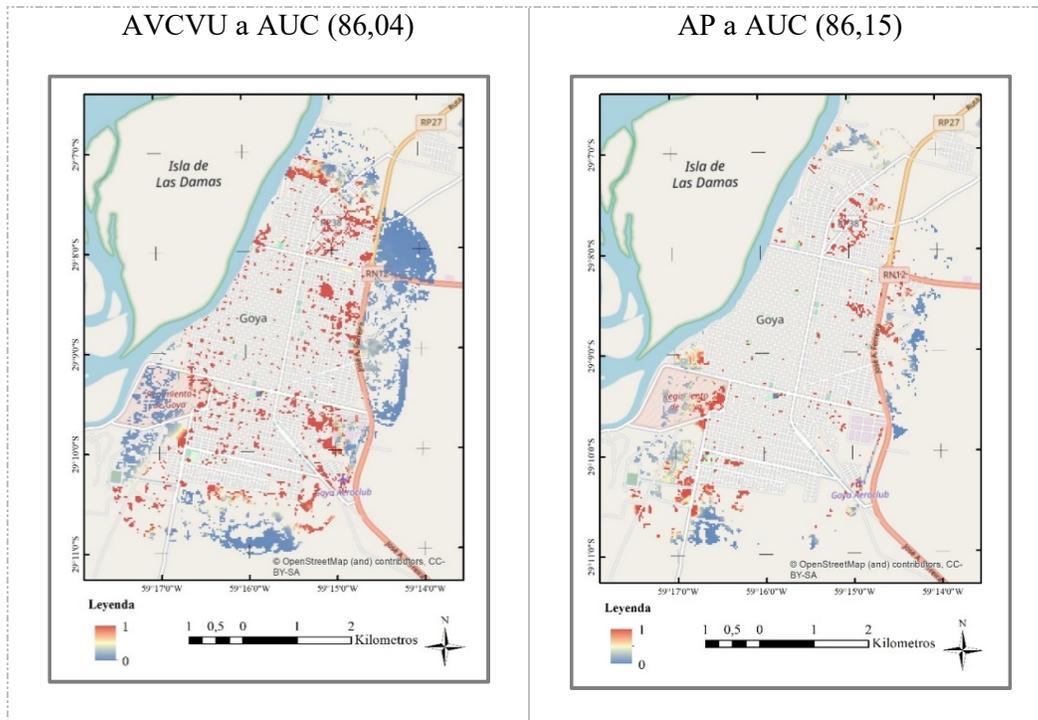
Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.2. Cálculo de Potenciales de Transición

En función de las variables expuestas en la tabla anterior, resultaron los mapas que se exponen en la tabla N° 4.9, los que muestran la susceptibilidad de un área de experimentar cambios (en este caso de un cierto uso del suelo hacia el AUC). Se exponen además sus respectivos porcentajes de acierto. Nuevamente, se ha tomado el mismo criterio utilizado para la ciudad de Curuzú Cuatiá, en cuanto a considerar aceptable o no los porcentajes de acierto.

Tabla N° 4.9. Potenciales de Transición de cada clase a la categoría AUC y su correspondiente porcentaje de acierto en Goya.





Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.3. Simulación de Escenario Futuro

La siguiente tabla muestra la probabilidad de que una clase mute a otra en el lapso considerado (Tabla N° 4.10). Las mayores probabilidades de transición de una clase a otra se encuentran en la diagonal principal para los CCA, el AUC y el AVCVU, es decir, se presentan probabilidades mayores de que una clase mantenga la superficie que tenía en el primer momento. Respecto de los valores fuera de la diagonal principal, la clase INF presenta la mayor probabilidad de transición hacia el AUC (38,6% aproximadamente) y el AP que tiene mayores probabilidades de transformarse a la clase INF (31%) y a la clase AUC (24,6% aproximadamente). Se puede mencionar además una probabilidad del 27,8% de que los CCA cambien a AVCVU y a la inversa un 18,1% de probabilidades de que el AVCVU mute a los CCA. Por último, cabe mencionar que la clase AUC presenta las menores probabilidades de cambiar de categoría conforme avance el tiempo. En síntesis, y haciendo foco en el AUC, la clase que presenta mayor probabilidad de cambio al AUC es la INF.

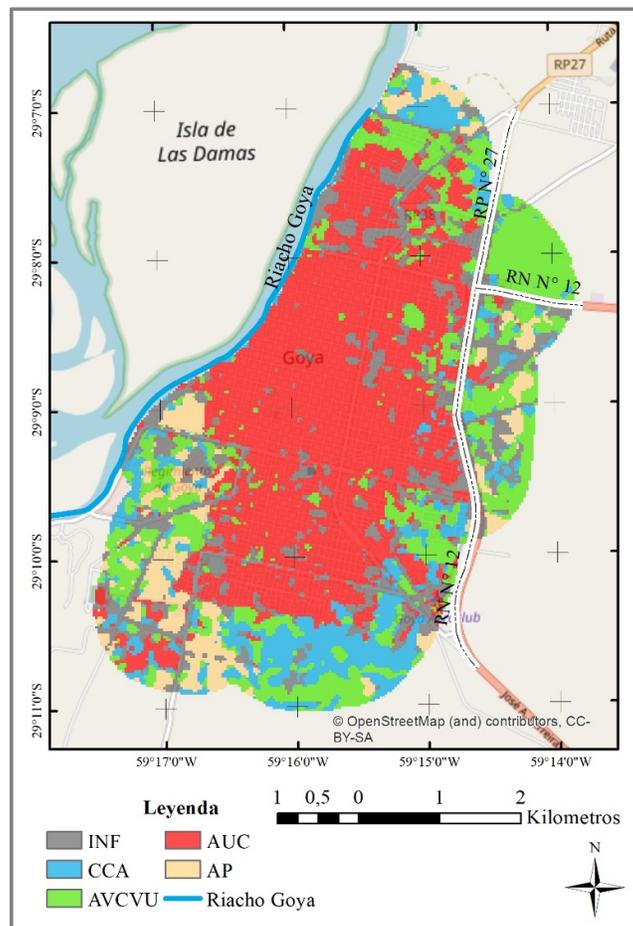
Tabla N° 4.10. Matriz de Potenciales de Transición para el año 2030. Goya.

	INF	CCA	AUC	AVCVU	AP
INF	0,2880	0,1414	0,3859	0,1219	0,0628
CCA	0,1536	0,3307	0,1587	0,2978	0,0592
AUC	0,1146	0,0362	0,8277	0,0164	0,0052
AVCVU	0,1645	0,1809	0,1164	0,4410	0,0973
AP	0,3100	0,1145	0,2463	0,1193	0,2099

Fuente: Elaboración Propia.

El escenario de trayectoria lineal simulado al año 2030 se muestra en la mapa temático N°4.7 (*Hard Prediction*).

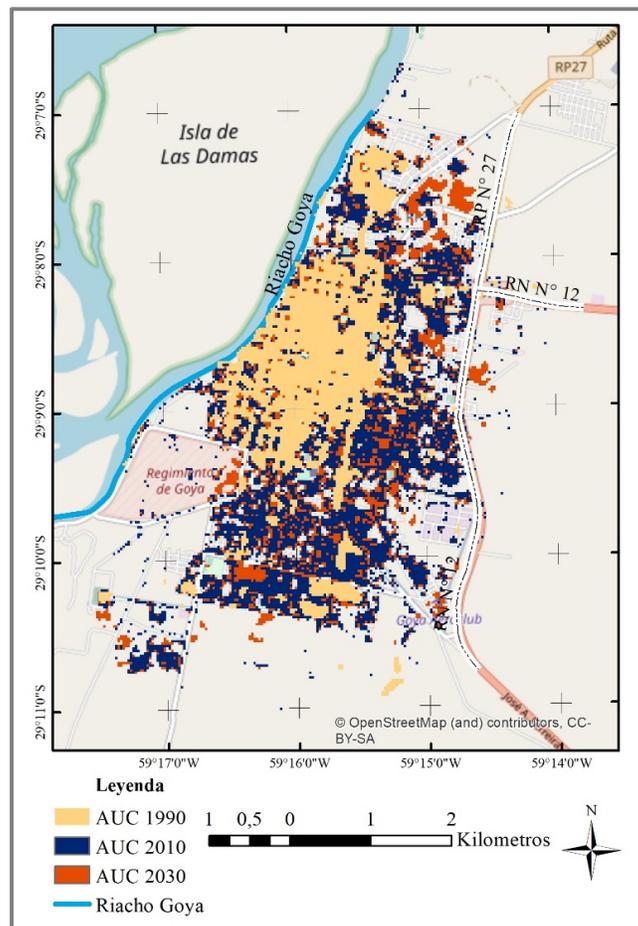
Mapa Temático N° 4.7. Escenario de Trayectoria Lineal. Usos de suelo para el año 2030. Goya



Fuente: Elaboración Propia

En el mapa temático N° 4.8 es posible observar que la clase AUC se consolida conforme avanzan los años. La expansión de la clase en los primeros veinte años (etapa de calibración del modelo de simulación) se observa en mayor proporción en el sector sur sureste de la ciudad y en menor medida en sectores cercanos a la rotonda intersección de la Ruta Nacional N° 12 y la Ruta Provincial N° 27. Para el año 2030 el modelo simuló que la clase AUC incremente su superficie aportando a la consolidación de la categoría (espacios interiores a la misma en años anteriores) por un lado, y por otro hacia el norte noreste de la ciudad y hacia el este de la ciudad, sector que se clasifica como zona prohibida según la normativa vigente y que fue utilizado como variable para calibrar el modelo (*cf.* Tabla N° 4.8 *up supra*), además de ser un espacio cuya probabilidad de mutar al AUC se mostró entre las menores en los mapas de potenciales de transición de todas las clases al AUC.

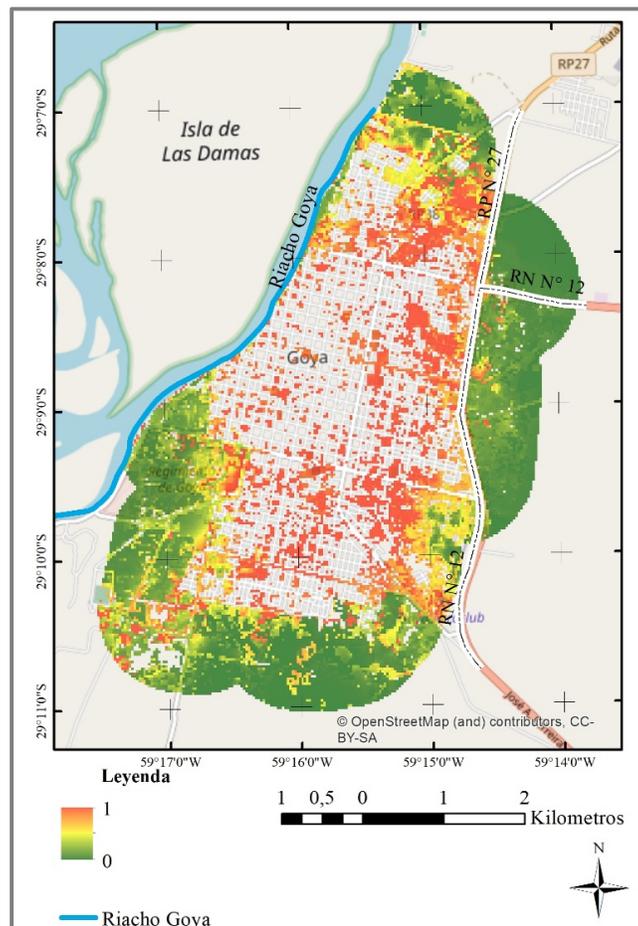
Mapa Temático N° 4.8. Avance de la mancha urbana entre 1990 y 2030. Goya.



Fuente: Elaboración Propia

Los sectores de mayores probabilidades de cambio (Mapa Temático N° 4.9 *Soft Prediction*) se localizan al interior de la clase AUC. Valores de probabilidad intermedia se localizan en los bordes del AUC ya existente, en todas las direcciones y en continuidad con las mayores probabilidades, y se observan también en cercanías de las calles trazadas. Se puede mencionar por último que existen sectores que presentan probabilidades moderadas salpicados por toda el área de estudio. Los valores de probabilidad más baja se localizan en sectores localizados en el área denominada “prohibida” (expuesta entre las variables *cfr.* Tabla N° 4.8 *up supra*) y en espacios con bajas alturas (según el MDE expuesto también entre las variables exploradas *cfr.* Tabla N° 4.8 *up supra*) que coinciden además con el predio destinado al regimiento de la ciudad.

Mapa Temático N° 4.9. Escenario de predicción blanda para el año 2030. Goya.



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 4.11 se expone la evolución de la superficie de cada categoría (valores absolutos y porcentuales) en un periodo de 40 años. La clase AUC es la única clase cuya superficie se comporta de forma creciente en los tres momentos de análisis, aumentando 564 Has aproximadamente (357 Has entre 1990 y 2010, y 207 Has entre 2010 y 2030).

Tabla N° 4.11. Superficie de cada clase en 1990, 2010 y 2030. Valores expresados en hectáreas y en porcentajes.

CLASE	Superficie año 1990 (Has)	%	Superficie año 2010 (Has)	%		Superficie año 2030 (Has)	%	
INF	401,58	14,4	572,13	20,5	↑	561,15	20,1	↓
CCA	304,02	10,9	402,93	14,4	↑	339,93	12,2	↓
AUC	609,66	21,8	966,24	34,6	↑	1173,42	42	↑
AVCVU	815,94	29,2	588,51	21,1	↓	520,11	18,6	↓
AP	663,66	23,7	265,05	9,5	↓	200,25	7,2	↓

Fuente: Elaboración Propia.

Con un comportamiento fluctuante en el lapso considerado, las clases INF y CCA han aumentado superficie un 5,7% y 1,3% respectivamente. Por último, el comportamiento decreciente de las clases AVCVU y AP en el periodo de estudio han hecho que disminuyan su superficie en un 10,6% y 16,5% respectivamente.

4.3.2.4. Validación

Comparación por categoría

La comparación celda a celda de cada clase arrojó los resultados expuestos en la Tabla N° 4.12. El escenario simulado coincide aproximadamente en la distribución espacial del 62% de la clase AUC, 36% de la clase AVCVU, 25% de la clase AP, 21% de la clase INF, y 20% de la clase CCA.

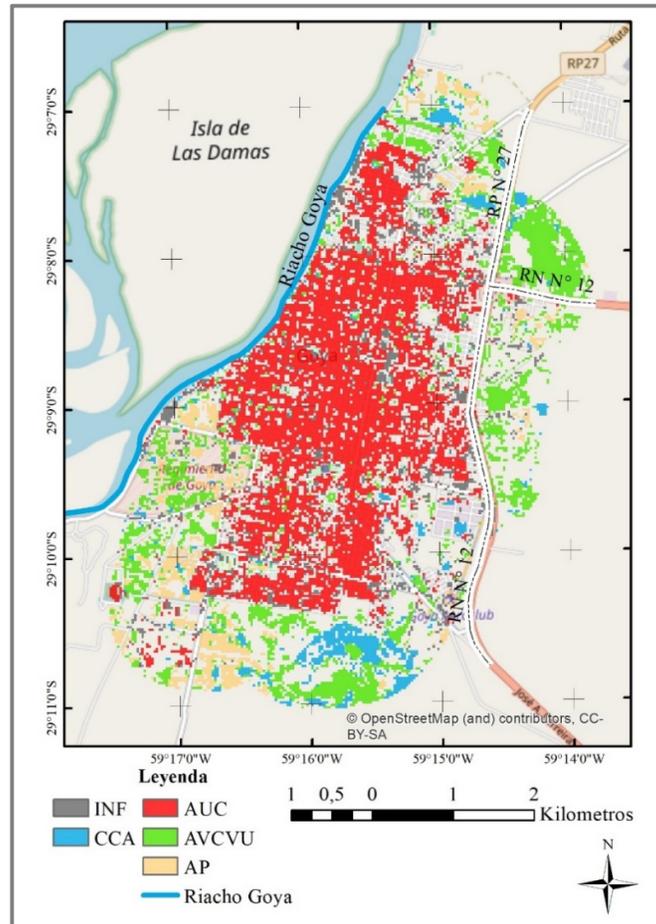
Tabla N° 4.12. Acuerdos y desacuerdos experimentados por cada clase. Valores en hectáreas y porcentajes.

	Acuerdo	Solo simulado	Solo en “verdad de terreno”
Clasificado como AUC	790,65 Has	250,38 Has	228,24 Has
1269,27 Has	62,29%	19,73%	17,98%
Clasificado como INF	169,74 Has	380,88 Has	261,36 Has
811,98 Has	20,9%	46,91%	32,19%
Clasificado como CCA	94,5 Has	283,95 Has	101,52 Has
479,97 Has	19,69%	59,16%	21,15%
Clasificados como AVCVU	353,16 Has	234,63 Has	399,51 Has
987,3 Has	35,77%	23,76%	40,46%
Clasificados como AP	128,61 Has	108,36 Has	267,57 Has
504,54 Has	25,49%	21,48%	53,03%

Fuente: Elaboración propia

La distribución espacial de tales coincidencias puede apreciarse en el mapa temático N° 4.10. El porcentaje de acuerdo experimentado por la clase INF se distribuye en el área de estudio sin respetar un patrón particular. El acuerdo experimentado por la clase CCA se localiza en mayor proporción al sur de la ciudad y en menor medida al norte. La superficie correctamente asignada a la clase AVCVU se localiza por fuera de la clase AUC de la ciudad, con predominio en sectores clasificados como zona prohibida (al este de la ciudad atravesando la barrera física existente conformada por las Rutas Nacionales y Provinciales que atraviesan el área de estudio y al sur de la ciudad), como así también en el sector sur-suroeste donde se encuentra el predio del que hace uso el regimiento. Por último, los acuerdos experimentados por la categoría AP se distribuyen mayormente en el sector sur suroeste de la ciudad.

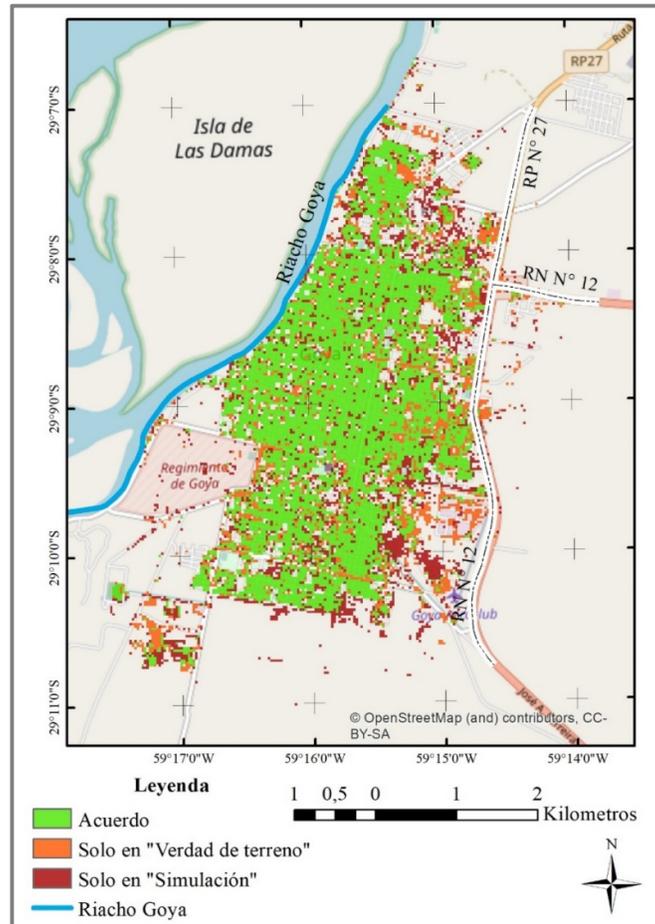
Mapa Temático N° 4.10. Espacialidad de los acuerdos experimentados por cada clase en el año 2018. Goya.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, el modelo considerado simula aproximadamente 250 Has en la clase AUC que no se corresponden con lo que sucede en la realidad que se sitúan también en el sector sur-sureste de la ciudad (dibujando algunos espacios de mayor continuidad) y en menor proporción en el sector sur y sureste y en el sector norte. Cabe mencionar que es posible observar píxeles de estas características “salpicados” en toda el área de estudio. Por último, respecto de las 228 Has clasificadas en la categoría AUC en el mapa “verdad terreno” y que no fueron simuladas correctamente por el modelo utilizado, es posible observar que su distribución espacial no responde a ningún patrón particular.

Mapa Temático N° 4.11. Espacialidad de los acuerdos y desacuerdos experimentados por la clase AUC.



Fuente: Elaboración Propia.

Fiabilidad Global y Método de Comparación *Kappa*

La fiabilidad global obtenida en el caso de la ciudad de Goya fue del 54,98% y los valores de *Kappa* para el mapa completo fueron: $K_{Loc} = 0,478$, $K_{Histo} = 0,847$ y $Kappa = 0,404$, es decir, hubo un alto porcentaje de similitud en cantidad y un porcentaje medio de similitud en localización, lo que se resume en un porcentaje de acuerdo justo según la clasificación realizada por Landis y Koch (1977).

Para cada clase, los tres valores de *Kappa* se detallan en la tabla N°4.13. En función de la clasificación de las fuerzas de acuerdos realizada por los autores citados (*up supra*), en la ciudad de Goya todas las clases, a excepción del AUC obtuvieron una fuerza de acuerdo

“justa”. La clase AUC alcanzó un valor $Kappa$ de 0,632 lo que la ubica en una fuerza de acuerdo “sustancial”.

En otro sentido, los valores que otorgan información sobre la coincidencia en localización fueron menores en todas las categorías que aquellos valores que brindan información sobre la fuerza del acuerdo en relación a la coincidencia en cantidad. En orden decreciente, la clase AUC obtuvo un acuerdo mayor en localización seguida por el AP, el AVCVU, los CCA y por último la INF. Respecto de la fuerza de acuerdo en relación a la cantidad, el mayor porcentaje fue para la clase AUC, seguida por la INF, luego el AVCVU, el AP y por último los CCA. Cabe destacar que los valores K_{Histo} obtenidos superaron el 65% de acuerdo en todas las clases.

Tabla N° 4.13. Valores K_{Loc} , K_{Histo} y $Kappa$ para cada clase.

	INF	CCA	AUC	AVCVU	AP
K_{Loc}	0,245	0,401	0,643	0,454	0,467
K_{Histo}	0,853	0,65	0,983	0,839	0,719
$Kappa$	0,209	0,261	0,632	0,381	0,336

Fuente: Elaboración Propia.

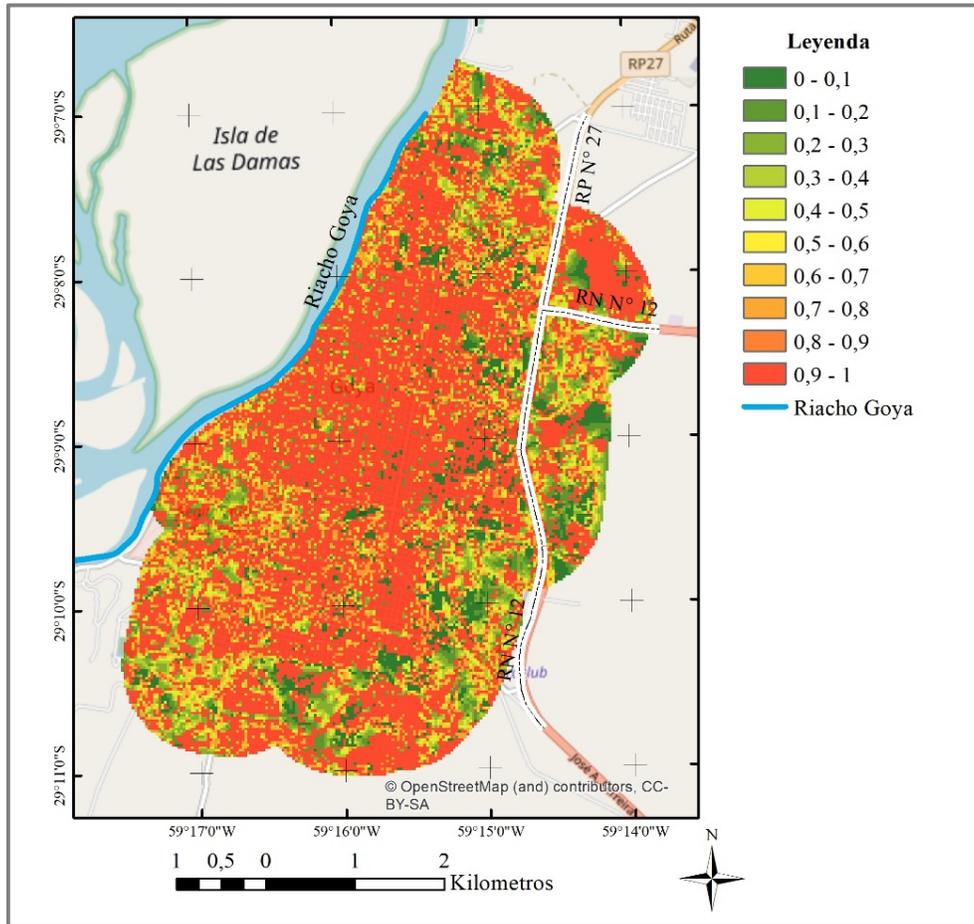
Fuzzy Kappa

Considerando la influencia de una vecindad de 4 píxeles y un decaimiento exponencial de tal influencia con la distancia, el cálculo del índice *Fuzzy Kappa* alcanzó un valor de 0,52.

En el mapa temático N°4.12 es posible observar la distribución espacial del resultado de la comparación de los mapas de usos del suelo (difusos). Los porcentajes más elevados, que se interpretan como cercanos a la identidad de los mapas comparados, (más de 0,7) se encuentran en toda el área de estudio pero en mayor proporción al interior del AUC, al sur de la misma y al noreste atravesando la intersección de las Rutas Nacional y Provincial existentes. Cabe destacar que puede visualizarse la predominancia de dichos valores respecto de otros menores. Los píxeles con valores intermedios (entre 0,4 y 0,6) de similitud “salpicados” en la zona de estudio, generando continuidad entre los de mayores valor (ya descripto) y los de menores valores (entre 0 y 0,3) que se sitúan dibujando un semicírculo hacia el este del AUC con mayor presencia al este y sur sureste de dicha clase

(abarcando parte de la zona definida como “prohibida” entre las variables usadas para calibrar el modelo de simulación) (cfr. Tabla N° 4.8 *up supra*).

Mapa Temático N° 4.12. Mapa de Similitud difusa. Goya.



Fuente: Elaboración Propia

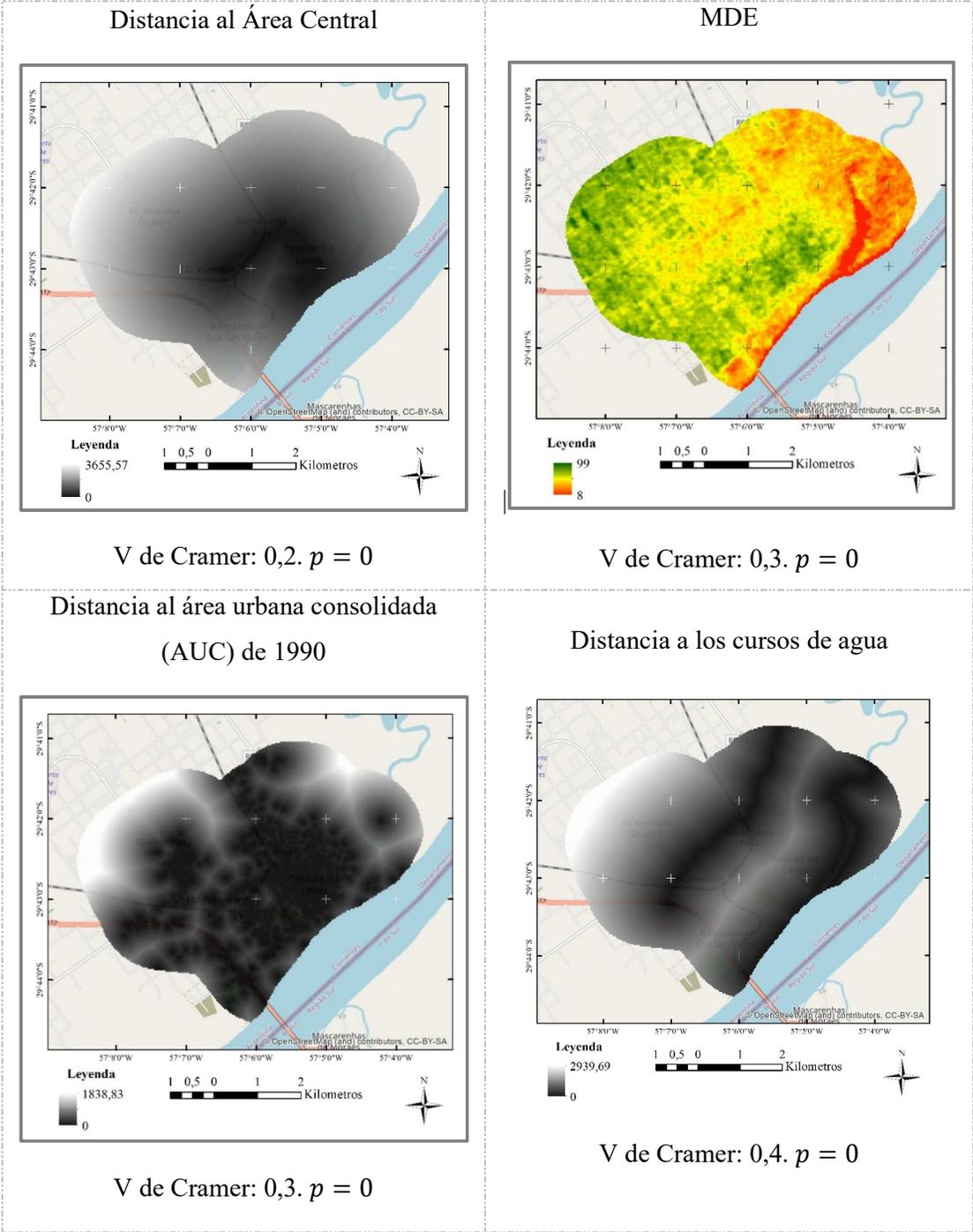
4.3.3. PASO DE LOS LIBRES

4.3.3.1. Selección de Variables

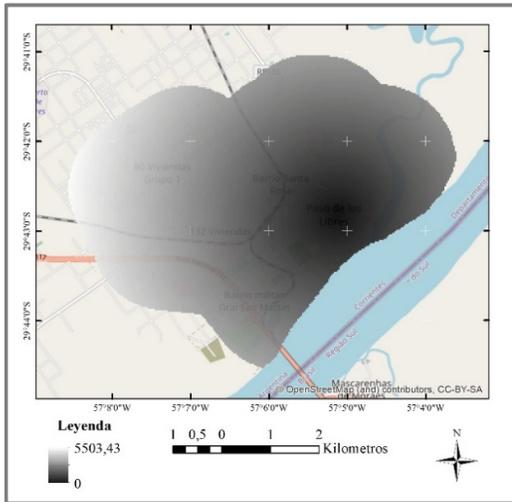
Para el caso de Paso de los Libres, se detalla en la tabla N° 4.14 la distribución espacial de las variables exploradas y seleccionadas tomando en cuenta un valor de V de Cramer igual a superior a 0,1⁸⁴ (con valor de probabilidad asociado p bajo).

⁸⁴ Se aclara nuevamente que los valores fueron redondeados en la primera cifra decimal.

Tabla N° 4.14. Variables exploradas y analizadas a través de la V de Cramer, Paso de los Libres.

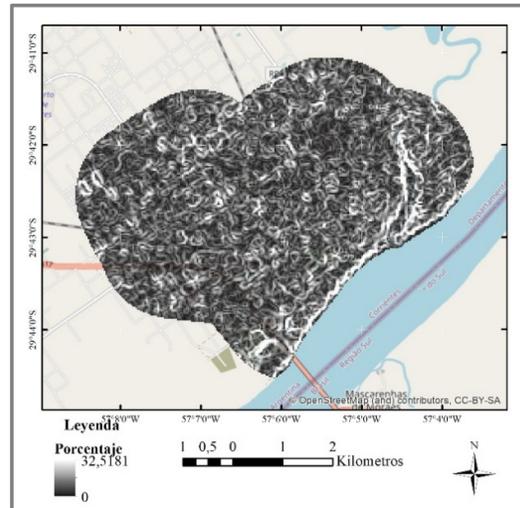


Distancia al Centro Financiero



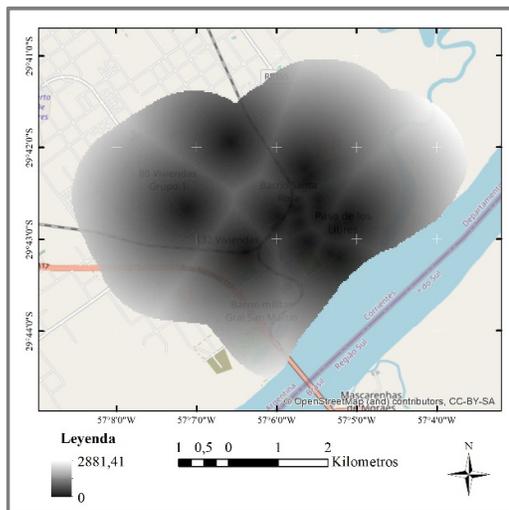
V de Cramer: 0,3. $p = 0$

Pendiente



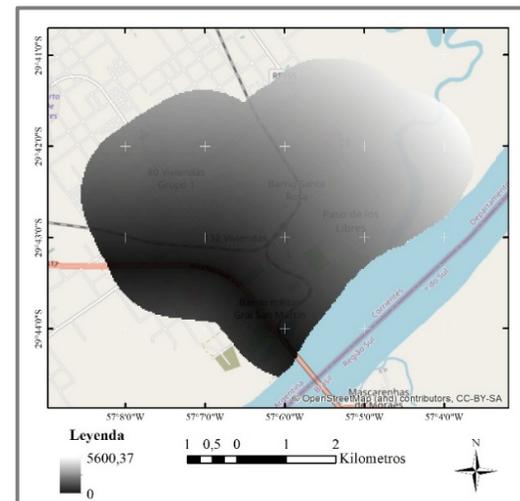
V de Cramer: 0,2. $p = 0$

Distancia a equipamientos educativos



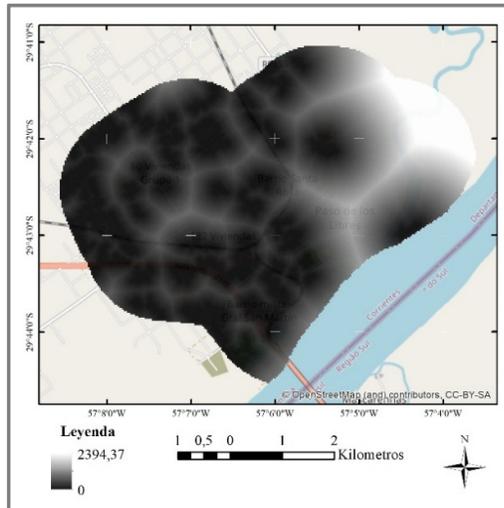
V de Cramer: 0,3. $p = 0$

Distancia a Rutas Nacionales y Provinciales



V de Cramer: 0,5. $p = 0$

Distancia a Espacios Verdes



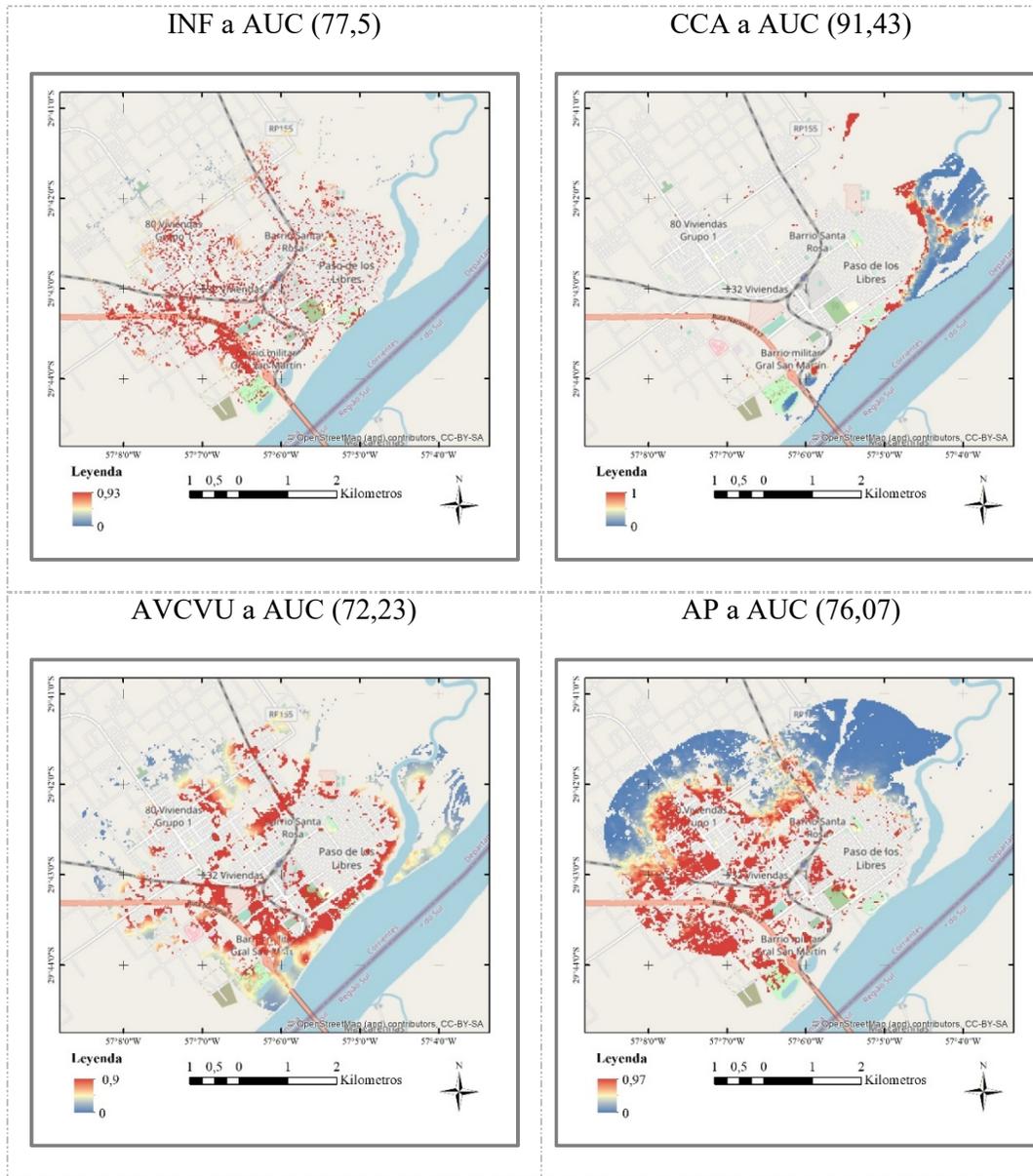
V de Cramer: 0,5. $p = 0$

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.2. Cálculo de Potenciales de Transición

En relación a los potenciales de transición generados, la distribución espacial de los mismos se presenta en la tabla N° 4.15 con su correspondiente porcentaje de acierto en función de los factores conductores seleccionados en el paso previo.

Tabla N° 4.15. Potenciales de Transición de cada clase a la categoría AUC y su correspondiente porcentaje de acierto en Paso de los Libres.



Fuente: Elaboración Propia

4.3.3.3. Simulación de Escenario Futuro

La matriz de transición (Tabla N° 4.16) muestra la probabilidad de que una clase mute a otra en el lapso considerado, refleja un 19% de probabilidad de estabilidad para la clase INF, 34,7% para los CCA, 75,3% para el AUC, 41,2% para el AVCVU y un 60,1% para el AP. Por su parte, fuera de la diagonal principal es interesante mencionar el 23,7% de

probabilidad de que la INF cambie al AP; el 36,6% y 24,6% de probabilidad de que los CCA cambien al AP y al AVCVU respectivamente; un 14,2% de probabilidad de que el AUC se convierta en INF; el 35,9% de probabilidad de que el AVCVU se convierta en AP; y el 22,9% de probabilidad de que el AP se convierta en AVCVU.

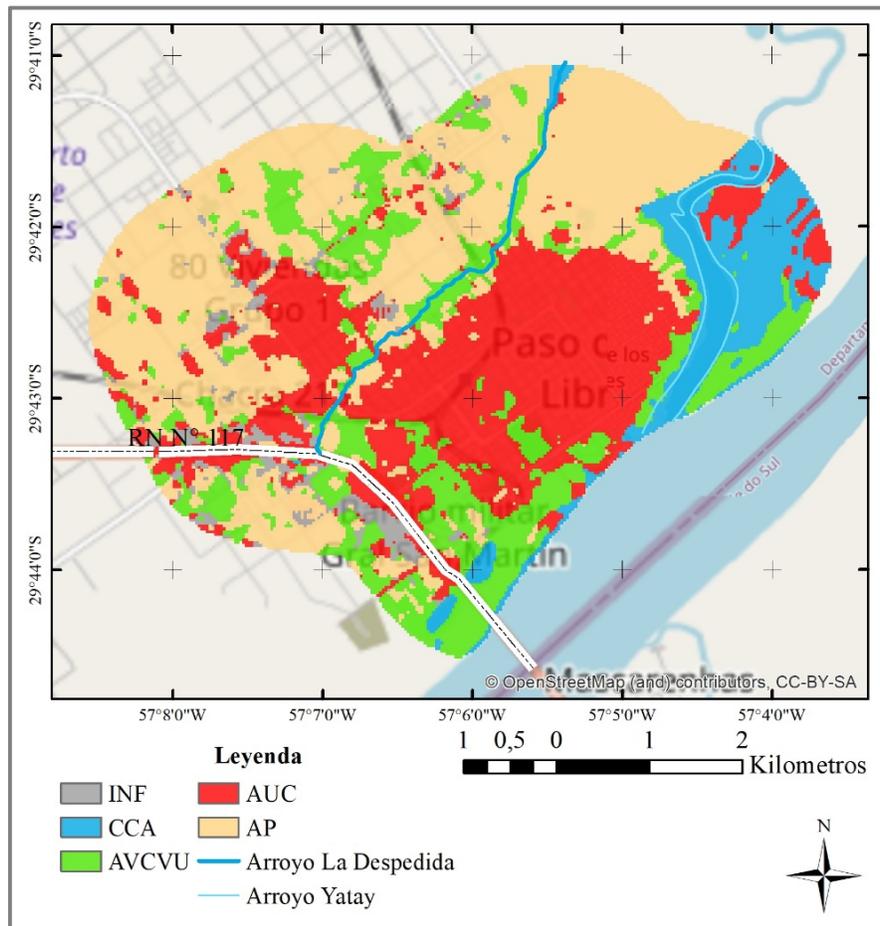
Tabla N° 4.16. Matriz de Potenciales de Transición para el año 2030. Paso de los Libres.

	INF	CCA	AUC	AVCVU	AP
INF	0,1895	0,004	0,5243	0,0483	0,2374
CCA	0,0216	0,3466	0,0192	0,2463	0,3664
AUC	0,1423	0,0032	0,7533	0,0632	0,0380
AVCVU	0,1176	0,0103	0,1011	0,4122	0,3589
AP	0,0928	0,0049	0,0722	0,2289	0,6012

Fuente: Elaboración Propia.

El escenario de predicción dura simulado para el año 2030 (Mapa Temático N° 4.13 *Hard prediction*) refleja claramente los cambios que existirían en el área de estudio en base a los supuestos asumidos durante la etapa de calibración del modelo de simulación.

Mapa Temático N° 4.13. Escenario de Trayectoria Lineal. Usos de suelo para el año 2030. Paso de los Libres.



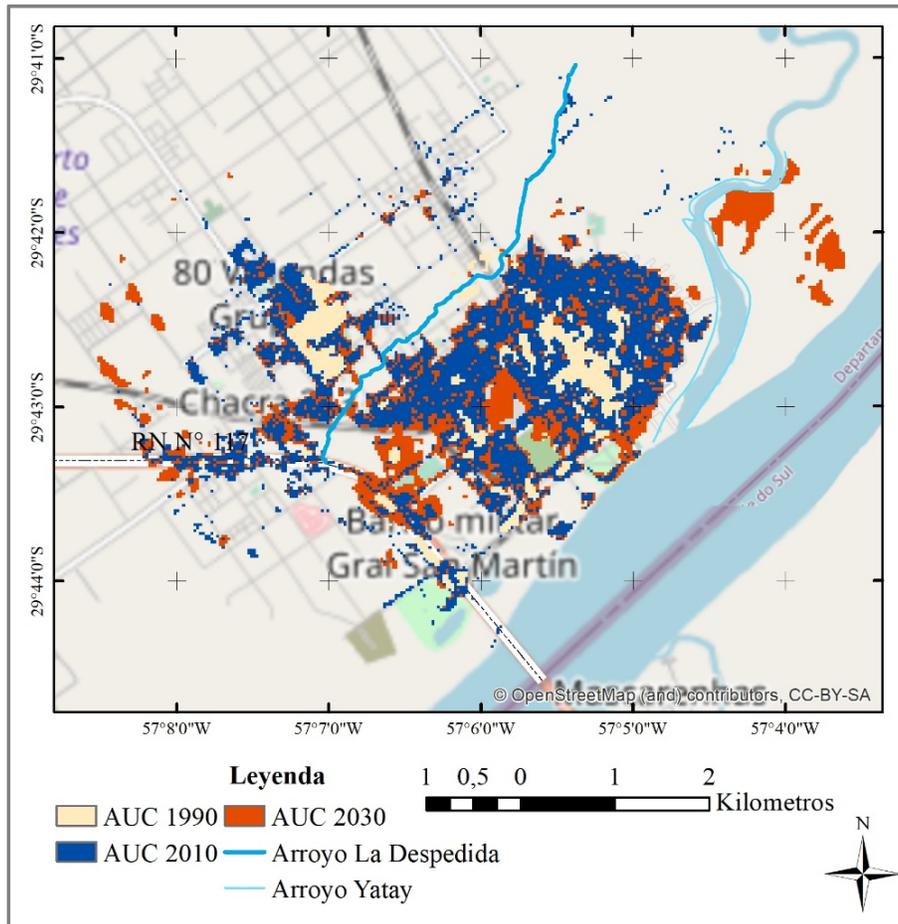
Fuente: Elaboración Propia.

En el mapa temático N° 4.14 se muestra el avance de la clase AUC conforme transcurren los años. Se observa en los primeros 20 años el avance de la categoría en todas las direcciones, por un lado acercándose al arroyo La despedida que atraviesa la ciudad (oeste), por otro lado en proximidades de la Ruta Nacional N° 117 (sur-suroeste) y también hacia el norte-noreste. Para el año 2030 el AUC se muestra contribuyente de la consolidación de la ciudad, avanzando sobre espacios que interiores a la misma. Cabe destacar, que el escenario simulado al año 2030, propone el avance de la clase AUC sobre espacios que en la actualidad son propiedad del Estado Nacional⁸⁵, destinados a barrios para el personal militar y que se encuentran al interior de la ciudad. Por último, se observa

⁸⁵ Según información registrada en la Dirección Provincial de Catastro y Cartografía de la Provincia de Corrientes.

el avance de la clase en áreas de alturas mínimas al norte noreste (según el MDE expuesto entre las variables seleccionadas para calibrar el modelo de simulación *cf.* Tabla N° 4.14 *up supra*) a la vera del arroyo Yatay, sin embargo, observando el mapa temático N° 4.15 (*Soft Prediction*), dichos espacios son considerados poco probables de ser urbanizados. Esta observación ejemplifica la utilidad de ambos resultados de la simulación futura usados en conjunto ya que uno complementa (para confirmar o refutar) las posibles interpretaciones del otro.

Mapa Temático N° 4.14. Avance de la mancha urbana entre 1990 y 2030.

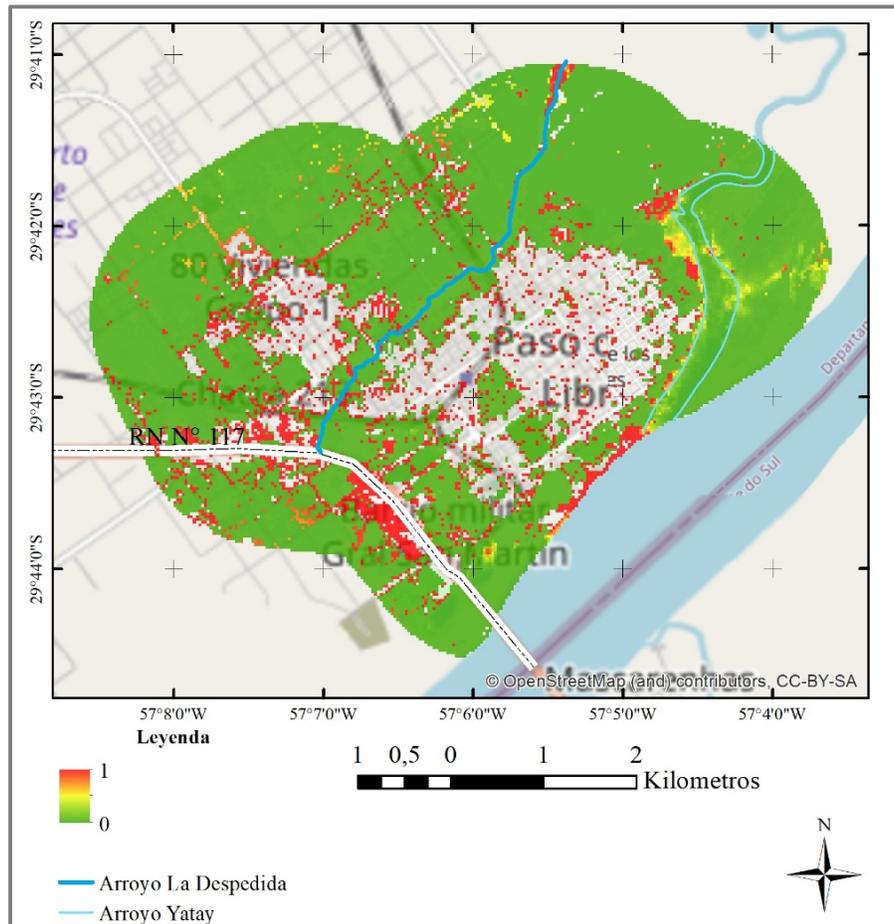


Fuente: Elaboración Propia.

Las áreas de alta probabilidad de cambios (Mapa Temático N° 4.15. *Soft Prediction*) se encuentran en las proximidades de los sectores ya clasificados como AUC (tanto en su interior como en los bordes), con una mayor concentración en el sector oeste-suroeste, en proximidades de la Ruta Nacional N° 117, en el sector sur-sureste a orillas del río Uruguay, y en menor concentración al norte y al noreste a orillas de los arroyos

nombrados anteriormente. Con probabilidad moderada, se encuentran los sectores que dan continuidad a las probabilidades altas próximas a los arroyos.

Mapa Temático N° 4.15. Escenario de predicción blanda para el año 2030. Paso de los Libres.



Fuente: Elaboración Propia.

La evolución de la superficie de cada clase en el transcurso de 40 años se expone en la tabla N° 4.17. En términos de sus proporciones respecto del total de superficie, la clase AUC es la única que ha aumentado su superficie pasando del último lugar en el año 1990 (6,22%) al tercer lugar en el año 2010 (20,07%) y escalando al segundo lugar en el escenario simulado al año 2030 (24,40%). En términos absolutos pasará de tener 196,65 Has en 1990 a 803,34 Has en 2030, lo que se traduce en un aumento del 308,51% de superficie en el lapso de 40 años.

Con un comportamiento decreciente, las clases INF y CCA disminuyeron su superficie un 53,41% (357,93 Has) y un 64,72% (538,29 Has) respectivamente.

Por último, las clases AVCVU y AP experimentaran un aumento de sus superficies en 40 años, aunque el comportamiento de las proporciones respecto del total es fluctuante. El AVCVU aumentaría un 27,7% (131,22 Has) y el AP un 15,99% (158,31 Has).

Tabla N° 4.17. Superficie de cada clase en 1990, 2010 y 2030. Valores expresados en hectáreas y en porcentajes.

CLASE	Superficie año 1990 (Has)	%	Superficie año 2010 (Has)	%		Superficie año 2030 (Has)	%	
INF	670,14	21,19	320,58	10,14	↓	312,21	9,87	↓
CCA	831,78	26,30	298,89	9,45	↓	293,49	9,28	↓
AUC	196,65	6,22	634,77	20,07	↑	803,34	24,40	↑
AVCVU	473,76	14,98	671,58	21,24	↑	604,98	19,29	↓
AP	990,09	31,31	1236,60	39,10	↑	1148,40	36,31	↓

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.3.4. Validación

Comparación por categoría

La comparación celda a celda arrojó los resultados expuestos en la tabla N° 4.18. El modelo de simulación utilizado presenta acuerdos en su distribución espacial de 31,74% para el AUC, 19,91% para la INF, 16,52% para los CCA, 29,24% para el AVCVU y 47,72% para el AP.

Tabla N° 4.18. Acuerdos y desacuerdos experimentados por cada clase. Valores en hectáreas y porcentajes.

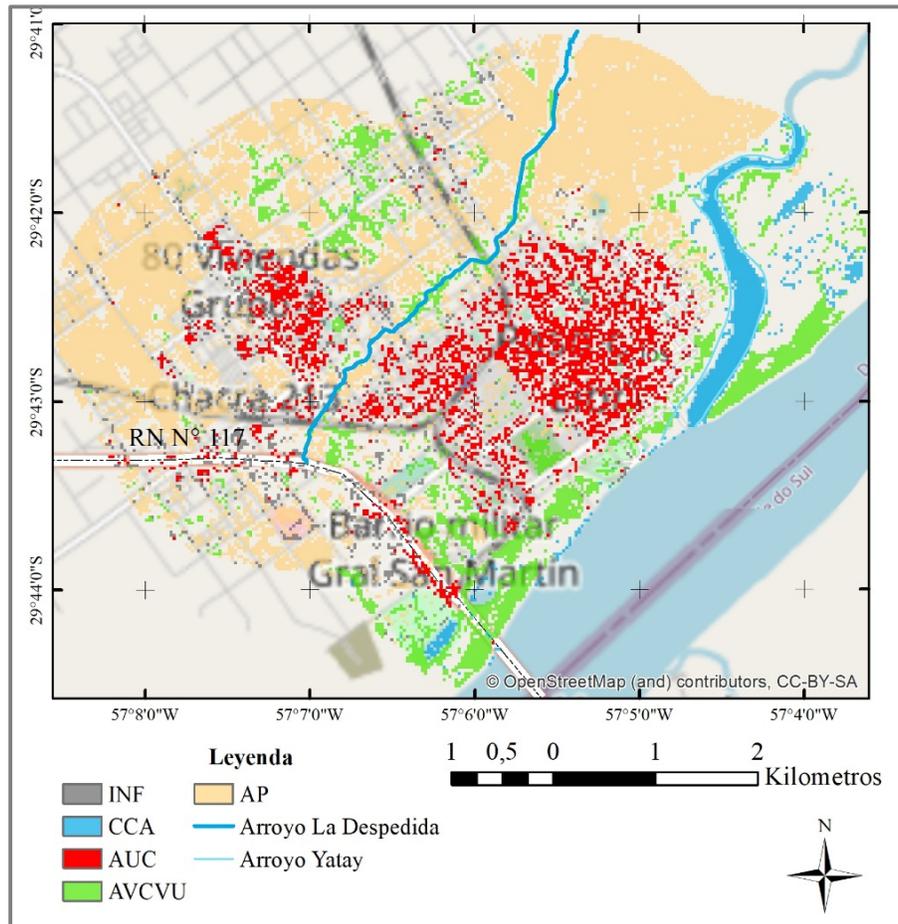
	Acuerdo	Solo simulado	Solo en “verdad de terreno”
Clasificado como AUC	251,64 Has	420,03 Has	121,23 Has
792,90 Has	31,74 %	52,97,18 %	15,29 %
Clasificado como INF	101,07 Has	199,17 Has	207,45 Has
507,69 Has	19,91 %	33,29 %	40,86 %
Clasificado como CCA	94,95 Has	203,94 Has	275,76 Has
574,65 Has	16,52 %	35,49 %	47,99 %
Clasificados como AVCVU	267,93 Has	389,97 Has	258,48 Has
916,38 Has	29,24 %	42,56 %	28,21 %
Clasificados como AP	823,05 Has	410,67 Has	490,86 Has
1745,58 Has	47,72 %	23,81 %	28,46 %

Fuente: Elaboración propia

Espacialmente dichos acuerdos pueden observarse en el mapa temático N° 4.16. Respecto de los mismos, para la clase INF es posible observar que se localizan en espacios donde efectivamente se encuentra trazada la red vial como así también en espacios en los que existen galpones vecinos a la Ruta Nacional N° 117. Sin embargo, no se observa la distribución de tales acuerdos sobre la Ruta Nacional ni sobre las vías del ferrocarril. Para el caso de los CCA, el porcentaje correctamente asignado se localiza en el arroyo Yatay y en cercanías del mismo, como así también al sur de la ciudad (espacios donde efectivamente se encuentran las menores alturas según el MDE expuesto entre las variables usadas para calibrar el modelo). Respecto de la categoría AVCVU, la espacialización de los acuerdos experimentados por ella se distribuyen a la vera del río Uruguay y el Arroyo Yatay, como así también al norte noroeste de la ciudad y en proximidades del arroyo La Despedida. Asimismo, se identifica como AVCVU un predio destinado a instalaciones militares localizado al interior de la ciudad que posee grandes árboles. Por último, la clase AP distribuye sus acuerdos en espacios que efectivamente no han sido aún urbanizados, y también en un predio destinado a un barrio militar localizado

en el interior de la ciudad (contiguo al predio mencionado anteriormente) que posee grandes espacios abiertos.

Mapa Temático N° 4.16. Espacialidad de los acuerdos experimentados por cada clase en el año 2018. Paso de los Libres.

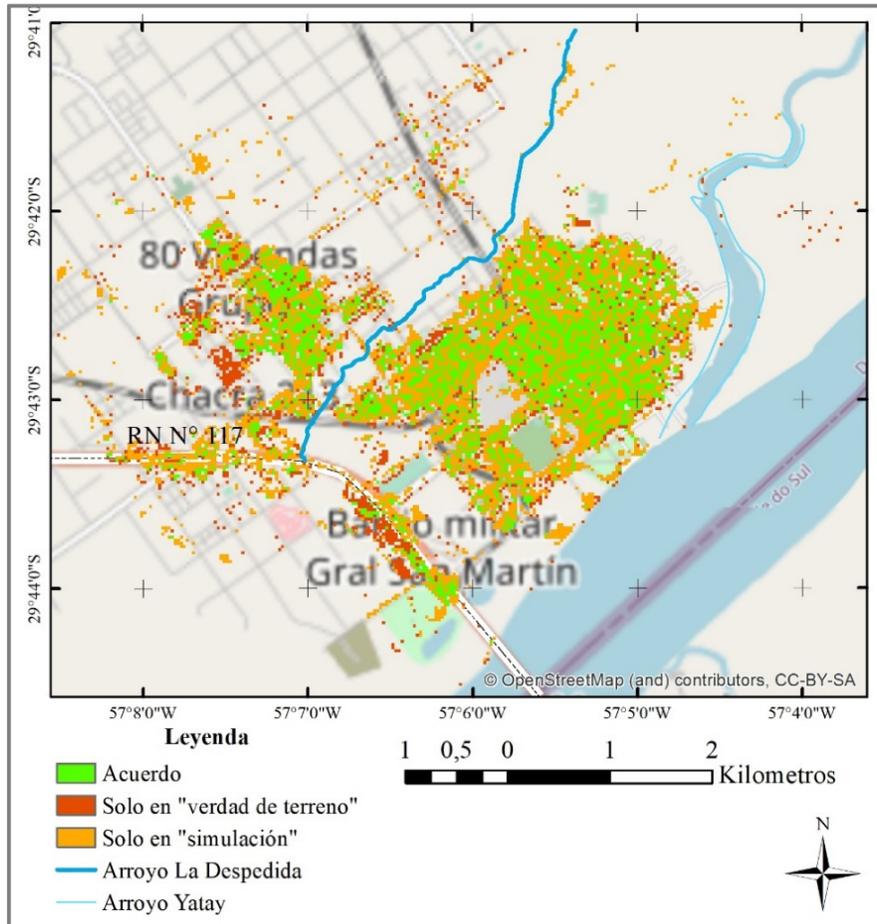


Fuente: Elaboración Propia.

Un análisis particular para el AUC (tanto de la distribución de los acuerdos como de los desacuerdos) (Mapa Temático N° 4.17), muestra que la distribución de los píxeles coincidentes tanto en el mapa “verdad de terreno” como en el “simulado” se presenta al interior de la clase, lo que contribuye al sostenimiento y afianzamiento de la ciudad. Cabe mencionar además, la coincidencia existente en la distribución espacial de la clase en sectores donde se ubican las instalaciones de la aduana (que han sido clasificados y simulados como parte del AUC).

Por otro lado, el modelo considerado (con las variables escogidas) localiza mediante la simulación 420 Has que no se corresponden con lo que sucede en el mapa denominado “verdad de terreno”. Esta superficie representa casi el 53% de la clasificada como AUC en la ciudad para el año 2018 y se distribuye principalmente en los intersticios dejados por los acuerdos y en segundo término salpicados en espacios alejados del sector consolidado de la ciudad (en todas las direcciones). 121 Has de AUC por el contrario no fueron simuladas con este modelo (lo que representa el 15% de la superficie clasificada como AUC). De forma similar, aunque en menores proporciones, se distribuyen en espacios interiores al AUC por un lado, y por otro lado es posible identificar un sector al este de la ciudad que no fue simulado como AUC pero que en la actualidad contiene un conjunto habitacional y otro espacio al sur de la ciudad donde se encuentran instalaciones aduaneras que en el mapa “verdad de terreno” fueron tomadas como parte del AUC y para la simulación no fueron efectivamente reproducidas.

Mapa Temático N° 4.17. Espacialidad de los acuerdos y desacuerdos experimentados por la clase AUC.



Fuente: Elaboración Propia.

Fiabilidad Global y Método de Comparación *Kappa*

La fiabilidad global obtenida fue del 48,65% y los valores de *Kappa* para el mapa completo fueron: $K_{Loc} = 0,385$, $K_{Histo} = 0,819$ y $Kappa = 0,315$, es decir, hubo un alto porcentaje de similitud en cantidad y un porcentaje medio de similitud en localización, lo que se resume en un porcentaje de acuerdo justo según la clasificación realizada por Landis & Koch (1977).

Asimismo, las ternas de valores *Kappa* para cada categoría se detallan en la tabla N° 4.19. Al respecto, existe una mayor fuerza de acuerdo en la clase AP (moderada) seguidas por la clase AUC (justa), AVCVU (justa), CCA (ligera) y en menor medida la INF (ligera).

Sobre la localización, las clases AUC y AP son las que experimentaron mejores acuerdos, seguidas por las clases AVCVU y CCA y en menor medida por la clase INF.

La similitud en cantidad muestra acuerdos superiores al 64% en todas las clases. El AP experimenta una coincidencia en cantidad del 95% de los píxeles, seguidamente se encuentran las clases CCA y AVCVU con el 88% y 86% de acuerdo respectivamente. Posteriormente, con el 66% y el 64% de coincidencia se encuentran las categorías AUC e INF respectivamente.

Tabla N° 4.19. Valores K_{Loc} , K_{Histo} y $Kappa$ para cada clase.

	INF	CCA	AUC	AVCVU	AP
K_{Loc}	0,188	0,227	0,587	0,38	0,431
K_{Histo}	0,638	0,88	0,663	0,864	0,947
$Kappa$	0,12	0,2	0,389	0,328	0,408

Fuente: Elaboración Propia.

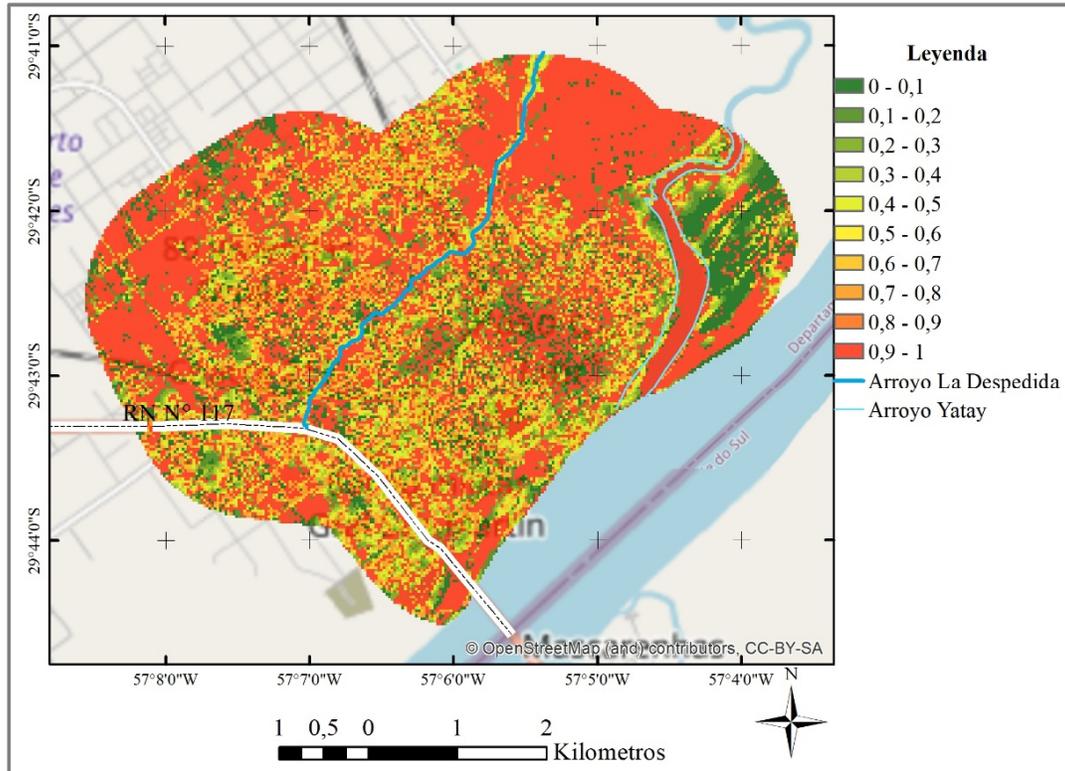
Fuzzy Kappa

El valor del estadístico *Fuzzy Kappa* calculado en base a una función de decaimiento exponencial y considerando la influencia de 4 píxeles vecinos ascendió a 0,454. La distribución espacial de los píxeles según su grado de acuerdo entre los conjuntos de clases, en este caso difusos (verdad de terreno y simulación), se muestra en el mapa N° 4.18.

La distribución de los píxeles cuyos valores de similitud son cercanos a la identidad (valores iguales o superiores al 0,7) se encuentran distribuidos en toda el área de estudio y se manifiestan con mayor continuidad respecto del resto de las categorías. En particular esta continuidad se manifiesta en las afueras de la ciudad (norte, sur y oeste). También se puede observar píxeles con valores cercanos a la unidad sobre el arroyo Yatay. Los píxeles cuyos valores tienden al 0 (entre 0 y 0,3) que indican completa disimilitud entre los píxeles comparados, se identifican en sectores con predominio de los mismos al noreste en sectores de menores alturas (según el MDE expuesto entre las variables consideradas *cfr.* Tabla N° 4.14 *up supra*), en menor proporción se encuentran espacios con estos valores al norte-noroeste, como así también en el centro de la ciudad aunque sin continuidad. Respecto de los píxeles con similitud intermedia, se los visualiza

distribuidos por todo el área de estudio, identificando un patrón de dispersión en la zona consolidada de la ciudad, al norte y al sur de la misma (atravesando la Ruta Nacional N° 117).

Mapa Temático N° 4.18. Mapa de Similitud difusa. Paso de los Libres



Fuente: Elaboración Propia

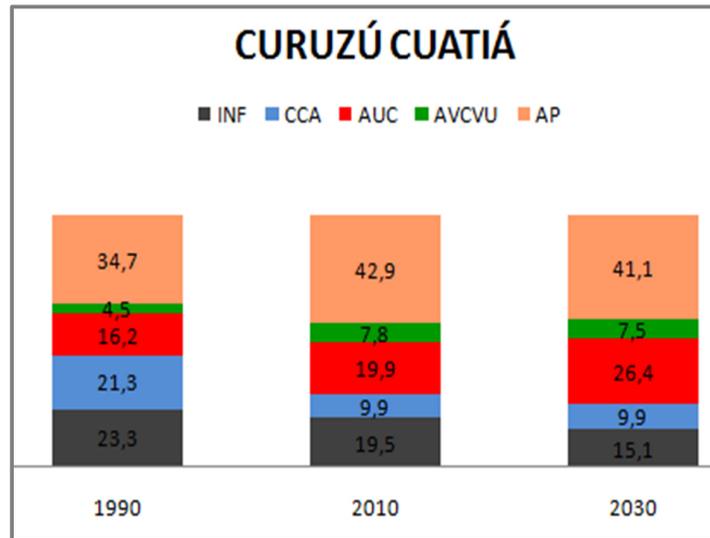
4.4. COMENTARIOS FINALES AL CAPITULO

La evolución de los usos del suelo definidos para este estudio depende de las variables explicativas seleccionadas que se usan para determinar la influencia sobre dicho cambio. ¿Qué sucedería comparativamente en las tres ciudades con estos usos del suelo si la influencia de estas variables seleccionadas continuara de igual manera hasta el año 2030?

En términos de proporciones respecto del total de superficie de las ciudades objeto de estudio el AP se mantendría como la de mayor superficie en las ciudades de Curuzú Cuatiá y Paso de los Libres (Gráficos N° 4.1 y N° 4.3). Para el caso de Goya, en el primer momento de estudio el AVCVU se impone como la clase de mayor proporción, situación

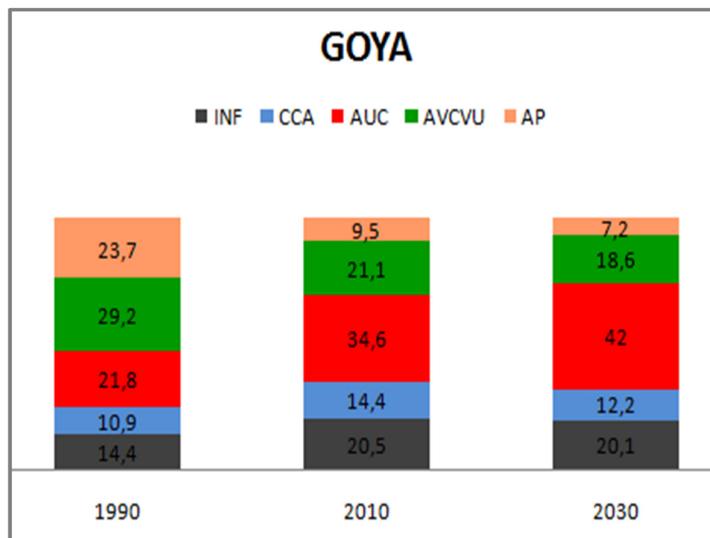
que cambia en los siguientes momentos con el aumento superficial de la clase AUC (Gráfico N° 4.2).

Gráfico N° 4.1. Proporción de superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Curuzú Cuatíá.



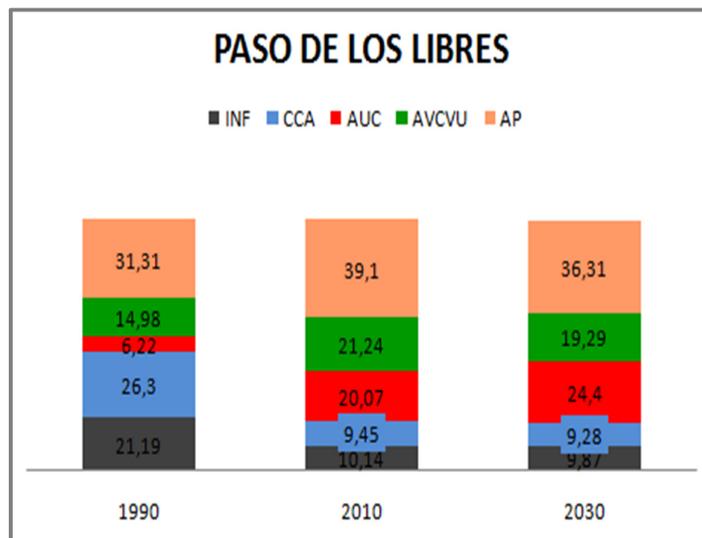
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 4.2. Proporción de superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Goya.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 4.3. Proporción de superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Paso de los Libres.

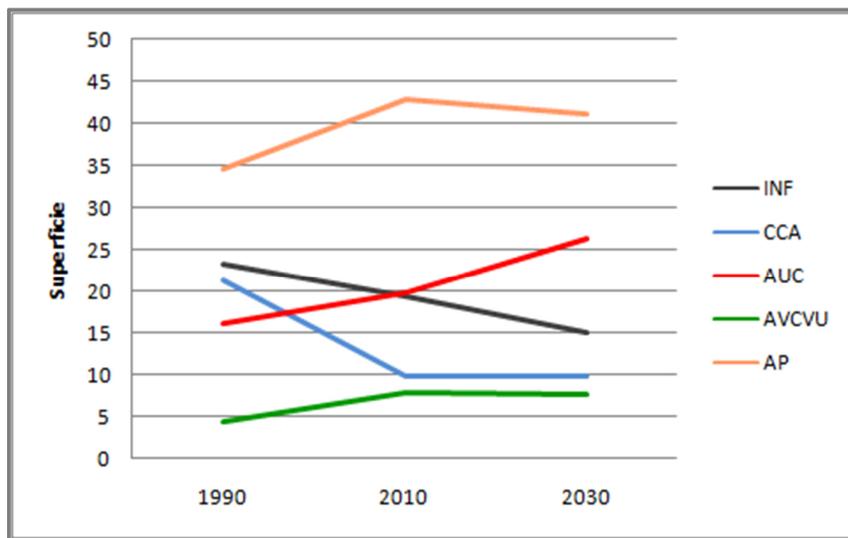


Fuente: Elaboración Propia

Otro aspecto de comparación es el comportamiento creciente de la clase AUC en las tres ciudades. Esta clase es la única que aumenta en superficie en cada momento de análisis, en el caso de las ciudad de Curuzú Cuatiá y Paso de los Libres, este incremento sucedería en el año 2030 en detrimento de las clases AP e INF en el primer caso (dada la mínima variación entre 2010 y 2030 de las clases AVCVU y CCA), y sobre AP y AVCVU en el segundo caso (dada la mínima variación entre 2010 y 2030 de las clases INF y CCA) (Gráficos N° 4.4 y N° 4.6). Por su parte, en la ciudad de Goya, el avance del AUC sucedería en detrimento de las clases AVCVU, CCA y AP⁸⁶ (ya que la superficie clasificada como INF se mantienen prácticamente estable entre 2010 y 2030) (Gráfico N° 4.5).

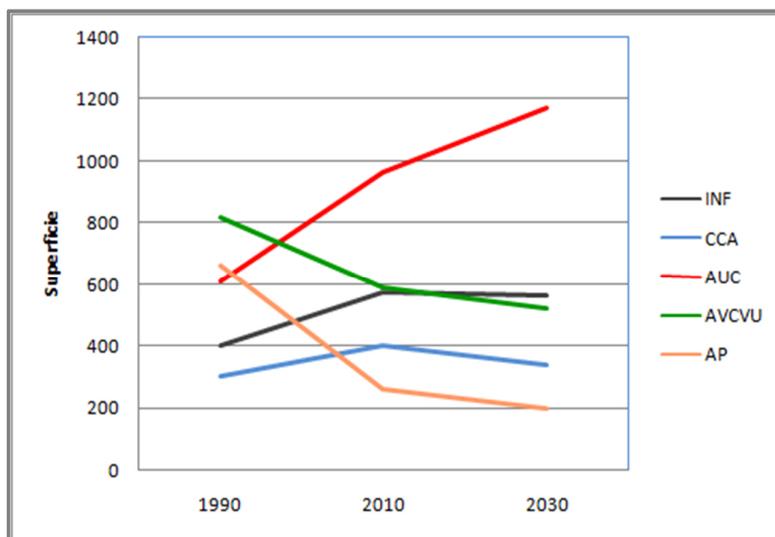
⁸⁶ Cabe destacar que en la actualidad en la ciudad de Goya, ya es posible encontrar urbanizaciones o proyectos de urbanizaciones en espacios que hasta el año 2010 no existían.

Gráfico N° 4.4. Comportamiento de las superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Curuzú Cuatiá (valores expresados en porcentajes)



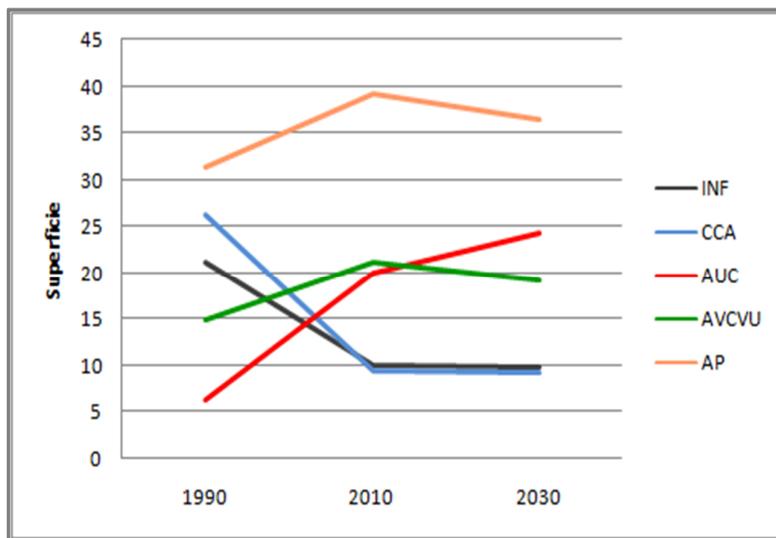
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 4.5. Comportamiento de las superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Goya (valores expresados en porcentajes)



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 4.6. Comportamiento de las superficies por clase en 1990, 2010 y 2030 en Paso de los Libres (valores expresados en porcentajes)



Fuente: Elaboración Propia

En otro orden de análisis y de utilidad de los resultados, los mapas de usos del suelo a futuro (en este caso particular haciendo foco sobre el avance del AUC) podrían, por ejemplo, relacionarse con información de tipo censal para analizar las características de la población en aquellos sectores donde existe mayor probabilidad de precipitar al cambio; o con información de tipo catastral que informe acerca del estado dominial de aquellos espacios (parcelas) con altas probabilidades de cambios. Asimismo, la generación de escenarios futuros en función del proceso de expansión urbana permite crear conocimiento sobre la localización de “nuevos espacios urbanos” para realizar el análisis de las condiciones o aptitudes de tales espacios de acoger el uso de dichos usos del suelo y a la vez, a la hora de planificar y ordenar la ciudad, hacerlo de forma equilibrada, por ejemplo, planificar la creación de nuevos espacios verdes y su distribución espacial teniendo en cuenta el crecimiento de la superficie urbanizada y la cantidad de habitantes que contiene⁸⁷. En otras palabras, los mapas futuros de cambios de usos del suelo se pueden convertir en insumos para los actores involucrados en el ordenamiento y planificación de una ciudad, y a partir del análisis de los mismos,

⁸⁷ “Un estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cada persona debe contar con un mínimo de 10 y hasta 15 metros cuadrados de espacio verde para vivir en un entorno saludable” (Disponible en: http://argentinambiental.com/wp-content/uploads/pdf/AA55-06-Los_Espacios_Verdes_En_Ciudades.pdf Fecha de Consulta: 29/08/2019).

responder a demandas a corto plazo (generando un mapa a pocos años) o disminuir la incertidumbre a mediano y largo plazo.

Como se ha expuesto en el capítulo 2, los modelos de simulación no persiguen predecir lo que sucederá en el futuro. Esto es imposible dada la dinámica compleja e innegable que experimenta una ciudad y los procesos a diferentes escalas que la atraviesan, sumado a las variables conductoras que influyen en los cambios y que pueden variar o acrecentar su número conforme avancen los años. Además, el escenario generado en este estudio responde a la extrapolación del comportamiento de lo sucedido en el pasado y afirmar un comportamiento lineal de un sistema tan complejo como una ciudad, sería caer en una contradicción. Sin embargo, bajo estas condiciones, los resultados se convierten en una posibilidad de análisis de los que podía llegar a suceder. Podrían generarse entonces otros escenarios (considerando ciertas condiciones económicas favorables o desfavorables, respetando planes de ordenamiento del territorio por ejemplo) que enriquezcan la cantidad de insumos existentes y colaboren en el trabajo diario de los actores ya nombrados.

En relación a la metodología abordada, es posible exponer como ventaja del modelo MLP utilizado que puede ser fácil y rápidamente replicado, y que el LCM utilizado, posee una interfaz muy amigable. Asimismo, la inclusión del análisis de la utilidad de las variables consideradas (mediante la V de Cramer) dentro del módulo, facilita el proceso seguido. Por otro lado, el abordaje de MLP permite modelar relaciones de naturaleza no lineal.

Respecto de las desventajas, es posible nombrar el hecho de que LCM solo permite trabajar con dos mapas de usos del suelo de fechas pasadas. Además, “el factor de vecindad tiene un efecto importante en los patrones de cambios de usos del suelo” (Gallardo Beltran, 2014:284) y en el LCM este factor no es modificable.

Cabe resaltar además, que la principal desventaja con la que actualmente nos enfrentamos en el desarrollo de la simulación (y esto es independiente del modelo elegido para realizarla), se centra en la obtención de los *inputs* necesarios para iniciar el proceso y de las variables conductoras, lo que implica la necesidad de construir la mayor parte (al menos a escala local) de las bases de datos y su distribución espacial; para recién luego perseguir el objetivo del estudio de los cambios en los usos del suelo (tanto con modelos de simulación, como con modelos descriptivos o explicativos).

Por último, como todo modelo, siempre es posible mejorar su aproximación a lo que sucede en la realidad y esto podría conseguirse con la incorporación de nuevas variables

explicativas como así también con el trabajo en conjunto con agentes locales para generar una retroalimentación y transferir los resultados (parciales) obtenidos y los conocimientos generados.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

En esta tesis para cada ciudad objeto de estudio se determinó, por un lado el crecimiento poblacional en la ventana temporal un cuarto de siglo, y por otro la expansión del suelo urbano ocurrida en el mismo periodo. Del análisis y relación de estos valores se detectaron que las tres ciudades adquirieron características propias del modelo de ciudad dispersa: densidades poblacionales bajas y consumo de suelo urbano alto.

La concreción de este estudio requirió la confección previa de cartografía temática en dos momentos pasados, ya que la misma era inexistente para las tres ciudades abordadas. Aunque el objetivo de este trabajo no fue la confección de una cartográfica *per se*, su desarrollo es un aspecto importante que requiere de conocimientos propios del campo de la Agrimensura. Los insumos básicos para poder construir la mencionada cartografía fueron las imágenes satelitales de la Misión Landsat disponibles y gratuitas para los años considerados. A los efectos de realizar una investigación en el marco de una beca, esta es una ventaja muy importante que permite, al menos en esta escala de trabajo, acercarnos al conocimiento de nuestras ciudades objeto de estudio.

A través de la comparación pixel a pixel de los mapas de usos del suelo de 1990 y 2016, se construyó una matriz de tabulación cruzada que permitió cuantificar la estabilidad de cada clase, las transiciones experimentadas entre las clases y las superficies finales de cada clase en cada uno de esos años. Con base en esta tabla y mediante la metodología oportunamente explicada, se calcularon ganancias, pérdidas, cambio neto, cambio total e intercambios experimentados por cada clase definida. Con los valores obtenidos se ha logrado reflejar la alta dinámica experimentada por y entre las clases definidas en los años estudiados. Respecto de las persistencias, las clases estudiadas reflejan estabilidades que superan el 38% y en particular, la clase AUC sobre la cual se ha hecho foco en este trabajo presentó en los tres casos estabilidades relativas que superaron el 76%. Cabe mencionar el interés por analizar la terna “cambio neto - cambio total - intercambio” ya que los tres valores tratados de forma individual “esconden” el comportamiento real que sucede en el territorio. En otras palabras, analizar solo el cambio neto muestra un valor de superficie de determinada clase (positivo dada su definición) que representa la diferencia de otras dos métricas, pero no las explicita, en consecuencia, no refleja si hubo por ejemplo mayores pérdidas que ganancias o viceversa. Por su parte, el valor expuesto por el cambio total representa la dinámica real experimentada por cierta clase al acumular los valores

de las ganancias y las pérdidas, por tal motivo, sus resultados siempre exceden a los manifestados por el cambio neto. Asimismo, el valor de cambio total puede también interpretarse como el de cambio neto más los intercambios vividos por cada clase, lo que nuevamente refleja los movimientos reales que atraviesan a las diferentes clases analizadas en el periodo considerado.

Respecto de las métricas calculadas, se considera que la que aportaría mayor comprensión al avance la clase AUC sería la definida como “transiciones”, pues muestra cómo contribuyó cada una de las categorías al aumento del AUC. En este sentido, las categorías que mayor superficie aportaron fueron, en las tres ciudades estudiadas, la INF y el AP. Es importante señalar también que en las tres ciudades se registraron aportes de la clase CCA al crecimiento del AUC, lo cual muestra el avance de la ciudad hacia sectores anegadizos y potencialmente inundables.

Respecto de la clase AUC sobre la cual se ha hecho hincapié, se determinó en las tres ciudades el aumento de su superficie final en el periodo analizado, cómo aportaron las diferentes clases al aumento de dicha superficie y la localización de la misma en cada ciudad. En particular, se ha observado que los mayores aportes se encontraron al interior de la clase y en las zonas aledañas, otorgándole de esta manera continuidad a la misma y aportando a su consolidación. Sin embargo, las tres ciudades presentan barreras físicas (defensas, predios de grandes superficies) o naturales (cuerpos y cursos de agua) que impiden su desarrollo continuo.

En el caso de Curuzú Cuatiá, el avance del AUC se observa principalmente sobre espacios localizados en la “zona de reserva urbana” definida por ordenanza municipal. Sin embargo, la inspección visual de las cartografías generadas permite advertir también el avance de la urbanización en sectores definidos como “industriales”.

En Paso de los Libres, tal como lo establece su PEOT, el crecimiento de AUC se ve condicionada por multiplicidad de factores (naturales o no) y en este sentido, la dirección del mismo está determinada hacia el sector Oeste – Noroeste. También se observa ganancias de superficie de AUC en proximidades al Arroyo La Despedida que atraviesa la ciudad.

En el caso de Goya, el avance del AUC se visualiza en general en las denominadas por Ordenanza Municipal como “Zona de restricción parcial” y como “Zona de Restricción Severa b”.

Las ciudades al ser interpretadas como sistemas complejos, deben tomar en cuenta soluciones complejas a sus problemas. Para arribar a las mismas es imprescindible contar con información detallada de las diferentes aristas que componen tales problemas, describir la situación actual de las mismas en función de las variables que intervienen y, tomando en cuenta estos resultados, planificar acciones a emprender para lograr una situación deseable. Estas condiciones evidencian la necesidad de encarar los estudios con un equipo interdisciplinario.

El estudio de los cambios en los usos del suelo y cómo han evolucionado en el tiempo permite cuantificarlos y obtener su distribución espacial y, en un análisis posterior, estudiar cuáles han sido los factores determinantes para que ocurrieran tales cambios en dichos espacios. Toda esta información es crucial para generar posibles proyecciones a futuro que sirvan de herramienta para los actores involucrados en la gestión de una ciudad y permitan analizar diferentes posibilidades y efectos que podrían provocar en los usos del suelo si la evolución pasada de los mismos se mantuviera en el futuro.

Si la dinámica en los cambios en los usos del suelo se mantuvieran hasta el año 2030, la superficie ocupada por el AUC en la ciudad de Curuzú Cuatía representaría un 26,4% de su total, aumentando en el lapso de 40 años (entre 1990 y 2030) casi un 63%; en la ciudad de Goya se tendría un porcentaje de superficie urbana del 42% (pasando de 609 Has en 1990 a 1173 Has en 2030); en la ciudad de Paso de los Libres el porcentaje de AUC fue en 1990 de 6,22% y al año 2030 ascendería a 24,40%. Estas amplias diferencias obligan a analizar de antemano la localización de este posible uso del suelo en el futuro.

Respecto de los procesos de validación a los que fueron sometidos los modelos, los mismos muestran el grado de correspondencia global, de localización y de cantidad, con un mapa de usos de suelo que también acarrea errores en su construcción (pues cualquiera sea la metodología con la que haya sido elaborado, el mismo posee determinados errores). Es decir, las medidas consideradas para validar el modelo deben ser interpretadas en función de esta condición.

En síntesis, como todo modelo posee mayor o menor grado de certeza en relación a lo mencionado anteriormente, el desafío no es solo aumentar dicho valor, pues esto se lograría (teóricamente) considerando condiciones antes desestimadas. El desafío es poder cuantificarlo, de tal modo de conocer que tan útil podría llegar a ser el modelo calibrado para alcanzar un mayor conocimiento de los procesos de cambio.

En otro orden de cosas, mediante este trabajo se confirma la capacidad que tienen los procedimientos y técnicas incorporadas en los Sistemas de Información Geográfica para modelizar y analizar los cambios ocurridos en los usos del suelo. Esto aporta enormes posibilidades para ensayar y conjeturar sobre el comportamiento de las variables intervinientes en los cambios, complejizando el modelo, para intentar alcanzar una mejor aproximación a lo que sucedería en una realidad futura posible.

Por último, sin ánimo de ser ni exhaustivos ni excluyentes de otros aportes, consideramos que los resultados obtenidos en el desarrollo de esta tesis aportan al campo de la Agrimensura: reconocimiento de la validez de las fuentes de información utilizadas; un proceso metodológico para detectar cambios del uso del suelo en áreas urbanas; confirmación de la pertinencia del empleo de Tecnologías de la Información Geográfica, en particular de los SIG, para estudiar la dinámica territorial; un marco de trabajo que brinde menos incertidumbre respecto de la dinámica territorial en la labor profesional referida a la planificación del territorio y antecedentes relacionados con la importancia de la investigación de profesionales de la Agrimensura en tareas relacionadas con la dinámica territorial.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, C. (2013). Marco jurídico de la planeación urbana y gestión de suelo: Teoría y Práctica. En Erba, D. (org.). *Definición de políticas de suelo urbano en América Latina*. Vol 1. Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, MA. p. 77-84.

Aguilar, A. y Mateo, P. (2011). Diferenciación sociodemográfica del espacio urbano de la Ciudad de México. *EURE*. Vol 37, N° 110, pp. 5-30.

Aguilar Jáuregui, M. y Peredo Macías, C. (1999). Introducción a la Teoría de Conjuntos Difusos “Fuzzy Set” (Compendio). Disponible en: https://www.polibits.gelbukh.com/1999_22/Introduccion%20a%20la%20Teoria%20de%20Conjuntos%20Difusos%20_Fuzzy%20Set_%20_Compendio_.pdf

Aguilera Benavente, F. (2006). Predicción del crecimiento urbano mediante sistemas de información geográfica y modelos basados en autómatas celulares, *GeoFocus*, N° 6, p. 81-112. ISSN: 1578-5157.

Aguilera Benavente, F.; Plata Rocha, W.; Bosque Sendra, J. y Gomez Delgado, M. (2009). Diseño y Simulación de Escenarios de Demanda de Suelo Urbano en Ámbitos metropolitanos. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, N°4, p. 57-80.

Aguilera Benavente, F.; Gómez Delgado, M. y Plata Rocha, W. (2012). Escenarios y Modelos de Simulación como Instrumento de Planificación de Ámbitos Metropolitanos. En: Gómez Delgado, M. y Rodríguez Espinoza, V. (coords.). *Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. Madrid: RaMa Editorial, p. 185-234.

Aguilera Ontiveros, A.; Carrillo Jaime, C. y Grageda Salinas, G. (2001). Autómatas Celulares para modelar usos de suelo urbano: Una revisión del modelo de White. *Vetas*, año 3, N° 9, p. 85-103.

Alcamo, J.; Kok, K.; Busch, G. y Priess, J. (2008). Searching for the Future of Land: Scenarios from the Local to Global Scale En J. Alcamo (Ed.) *Environmental Futures: The Practice of Environmental Scenario Analysis*. Amsterdam: Elsevier, pp. 67-103.

Anzano, J. (2010). El Proceso de Urbanización en el Mundo. El Sistema Urbano. Repercusiones Ambientales y Económicas (*Sección Temario de Oposiciones de Geografía e Historia*). Proyecto Clío 36. Disponible en: <http://clio.rediris.es/n36/oposicones/tema09.pdf>

Anzoátegui Mercado, B.; Argumedo Alarcón, J.; Pérez Díaz, E. y Serrano Sánchez, L. (2006). Estudio sobre la Expansión Urbana de la Ciudad de Montería, utilizando imágenes de satélite de los años 1991 y 2001. Universidad de Córdoba - Departamento de Geografía y Medio Ambiente. Disponible en: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/28.pdf>.

Ariza, A. (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) Versión 1.0. Grupo Interno de Trabajo en Percepción Remota y Aplicaciones Geográficas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Colombia. Disponible en: <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

Avila Sánchez, H. (2009). Periurbanización y Espacios Rurales en la Periferia de las Ciudades. *Estudios Agrarios*. Disponible en: http://www.pa.gob.mx/publica/rev_41/ANALISIS/7%20HECTOR%20AVILA.pdf

Azcárate Luxán, M.; Cocero Matesanz, D.; García Lázaro, F.; Muguruza Cañas, C. y Santos Preciado, J. (2012). Pautas del Modelo de Crecimiento Urbano actual en el Marco de la Ciudad Difusa. Rasgos Básicos en las Principales Aglomeraciones Urbanas de Nuestro País. Disponible en: http://www.geogra.uah.es/simurban1/PDF/pdf_2012/primer_capitulo.pdf

Bähr, J. (1976). Neuere Entwicklungstendenzen lateinamerikanischer Großstädte. *Geographische Rundschau*. 28, 4. Pp. 125 – 133. (Tendencias recientes en el desarrollo de las ciudades de América latina).

Bähr, J. y Mertins, G. (1981). Idealschema der social-räumlichen. Differenzierung lateinamerikanischer Grosstädte. *Geographische Zeitschrift*. 69. Pp. 1- 33.

Bähr, J. y Mertins, G. (1982). A model of the social and spatial differentiation of Latin American Metropolitan Cities. *Applied Geography and Development*. 19. Pp. 22- 45.

Bähr, J. y Mertins, G. (1993). La ciudad en América Latina. *Población y Sociedad*, 1. Pp. 5-14.

Baluja Arestio, J.; Plata Rocha, W.; Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010). Análisis de Factores Explicativos del Crecimiento Urbano en el Área Metropolitana de Granada mediante Técnicas Estadísticas y SIG. En: Ojeda, J., Pita, M. Y Vallejo, I. (Eds.). *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, p. 640-657.

Banco Mundial (2016). Conocimiento del Desarrollo. Datos. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS> (Fecha de consulta: 08/08/2017).

Barrantes Sotela, O. y Sandoval Murillo, L. (2016). Uso/Cobertura de la Tierra en los Cantones de Upala, Guatuso y Los Chiles en el año 2011. *Revista Geográfica de América Central*, vol. 1, núm. 56. Universidad Nacional. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4517/451746028003/html/index.html>

Barros Coelho, K. y Luz Reis, A. (2011). Espaços urbanos em cidades de Fronteira: Lógica Espacial X Lógica Legal. *Apresentação no XIV Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ANPUR*, Rio de Janeiro, 23 a 27 de maio de 2011.

Batty, M., Couclelis, H. y Eichen, M. (1997). Urban Systems as cellular autómeta. *Environment and planning B: Planning and desing*. Vol 24, pp. 159-164.

Batty, M., Xie, Y. y Sun, Z. (1999). Modeling urban dynamics through GIS-based cellular autómeta. *Computers, Environment and Urban Systems*, 23, pp. 205-223.

Bellet, C. y Llop, J. (1999) *Ciudades intermedias y urbanización mundial*. Edición del Ajuntament de Lleida. UNESCO, UIA, Ministerio de asuntos exteriores. Lleida. Disponible en: http://www.ceut.udl.cat/wp-content/uploads/4C.LLEIDA_ES.pdf (Fecha de Consulta: 10/08/2017).

Bellet, C. (2000). “Ciudades intermedias. Urbanización y globalización”. *Conferencia realizada en el marco del Seminario: Red de ciudades intermedias para el valle del Cauca, Cali (Colombia)*, 12 de Octubre de 2000.

Bellet, C. y Llop, J. (2004). Miradas a otros espacios urbanos: las ciudades intermedias. *Geo Crítica Scripta Nova* (en línea), Universidad de Barcelona, vol VIII, N° 165, 15 de mayo de 2004. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-165.htm>. (Fecha de Consulta: 23/03/2018).

Bencomo Sáenz, J., Wiebe Quintana, L., Peña, L. y Hernández, V. (2013). Identificación de patrones de crecimiento urbano en el área de ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua: 2003 – 2010. En Alatorre Cejudo, L., Torres Olave, M., Rojas Villalobos, H., Bravo Peña, L., Wiebe Quintana, L., Sandoval Gutiérrez, F. y López González, E. (Coords.) (2015). *Geoinformática aplicada a procesos geoambientales en el contexto local y regional: teledetección y sistemas de información geográfica*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. pp. 91-113.

Borjerson, L., Hojer, M., Dreborg, K., Ekvall, T. y Finnvenden, G. (2006). Scenario Types and Techniques: Towards a user's guide. *Futures*. 18. Pp. 723-739.

Borsdorf, A. (1982). Die lateinamerikanische Großstadt. Zwischembericht zur Diskussion um ein Modell. *Geographische Rundschau*. 34. Pp. 498 – 501.

Borsdorf, A. (2003). Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. *Revista Eure*, vol. 29, N° 89, Santiago de Chile, pp. 37-49.

Bottino Bernardi, R. (2009). La Ciudad y la Urbanización. *Estudios Históricas*. Agosto 2009 - N° 2 – ISSN: 1688 – 5317.

Burgess, E. (1925). “The growth of city: an introduction to a research project”, en Park, R.; Burgess E. y Mckenzie, R. *The city*. Chicago: The University of Chicago Press.

Buzai, G. (2005). Actualización de cálculos y distribuciones espaciales a través de Cadenas de Markov y Automatas Celulares. Pérdida de suelos en el Área Metropolitana de Buenos Aires – 2001. *Primeras Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes*. GEPAMA/IALE. Buenos Aires. CD ROM.

Buzai, G. y Baxendale, C. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica (Tomo 1). Perspectiva científica. Temáticas de bases ráster*. Buenos Aires. Lugar Editorial. 304 p.

Buzai, G. (2013). *Sistemas de información geográfica SIG: teoría y aplicación*. - 1a ed. - Luján: Universidad Nacional de Luján. 312 p.

Buzai, G. (2014). *Mapas Sociales Urbanos* - 1a ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Lugar Editorial. 292 p.

Buzai, G. (2015). Conceptos Fundamentales del Análisis Espacial que sustentan la Investigación Científica basada en Geotecnologías. En Fuenzalida, M.; Buzai, G.; Moreno Jiménez, A. y García de León, A. (2015). *Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial: Tendencias, métodos y aplicaciones*. Santiago de Chile: Editorial Triángulo., pp: 56-72.

Buzai, G.; Baxendale, C.; Humacata, L. y Principi, N. (2016). *Sistemas de Información Geográfica. Cartografía temática y análisis espacial*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Lugar Editorial. 152 p.

Buzai, G. (2019). Presentación del Libro Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 2: Por una Geografía Empírica. En Buzai, G.; Humacata, L.; Lanzelotti, S.; Montes Galbán, E. y Pincipi, N. (comps). *Teoría y Métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 2: Por una Geografía empírica*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Impresiones Buenos Aires Editorial, 2019. Pp. 11-14.

CAF Banco de Desarrollo de América Latina (2017). *Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina*. Reporte de Economía y Desarrollo (RED 2017). Disponible en: www.caf.com

Camacho Olmedo, T.; Molero Melgarejo, E. y Paegelow, M. (2010). Modelos Geomáticos aplicados a la Simulación de Cambios de Usos del Suelo. Evaluación del Potencial de Cambio. En: Ojeda, J., Pita, M. y Vallejo, I. (Eds.). *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, pp. 658-678.

Camacho Olmedo, T.; Pontius, R.; Paegelow, M. y Mas, J. (2015). Comparison of simulation models in terms of quantity and allocation of land change. *Environmental Modelling and Software*, 69, pp. 214-221.

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.

Capel, H. (2002). *La morfología de las ciudades. I. Sociedad, cultura y paisaje urbano*. Barcelona: Ediciones del Serbal.

Capel, H. (2003) Redes, chabolas y rascacielos. Las transformaciones físicas y la planificación en las áreas metropolitanas". *Ciudades, Arquitectura y Espacio Urbano*, 3, pp. 199-238.

CEPAL, División de Población, Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) (1999). América Latina: Población Total, Urbana y rural y porcentaje urbano, por países: 1970-2025. *Boletín demográfico*, año 32, n° 63.

CEPAL (2012). La urbanización presenta oportunidades y desafíos para avanzar hacia el desarrollo sostenible. Disponible en: <https://www.cepal.org/notas/73/Titulares2.html>

Chavoya Gama, J., García Galván, J. y Rendón Contreras, H. (2009). Una reflexión sobre el modelo urbano: ciudad dispersa-ciudad compacta. A: *International Conference Virtual City and Territory. "5th International Conference Virtual City and Territory, Barcelona, 2,3 and 4 June 2009"*. Barcelona: Centre de Política de Sòl i Valoracions, 2009, pp. 37-50.

Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 2da Ed. Madrid. Ediciones Rialp. S.A.

Chuvieco, E. (2008). *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. 3era Ed. Barcelona. Ariel Ciencia.

Ciampagna, J. (2018). *Uso de los SIG en Planificación Urbana*. Disponible es: <https://elprofejose.com/2018/05/29/uso-de-los-sig-en-planificacion-urbana/>

Ciampagna, J. (2019). Información Territorial para Mejorar la Vida de la Gente. ¿Un Cambio Necesario en la Agrimensura? *Exposición realizada en el marco del XII Congreso Nacional de Agrimensura. “Agrimensura más allá del Territorio”, Mendoza (Argentina), 9, 10 y 11 de Octubre de 2019.*

Cifuentes Ruiz, P. (2009). Modelización de los factores de crecimiento urbano como aporte a la sostenibilidad. Estudio de caso: Manizales – Colombia. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, N°4, pp 81-96.

CGLU (2014). *Documento Marco de CGLU para ciudades intermedias. Planificación y Gestión del Desarrollo Urbano sostenible de las Ciudades Intermedias.* Universitat de Lleida.

Clarke, K. (2014). Why simulate cities? *GeoJournal*, 79, pp. 129-136.

Congalton, R. (1988). A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated for remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol 54, pp. 593-600.

Consejo Federal de Decanos de Ingenierías – CONFEDI (2018). *Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina “Libro Rojo De Confedi”.* Universidad FASTA Ediciones.

Conte, C. (2017). Gênese e dinâmica das aglomerações urbanas de fronteira: Uruguiana e Paso de los Libres, Corumbá, Puerto Suárez e Puerto Quijarro, Foz do Iguazu, Ciudad del Este e Puerto Iguazú. *Geosul*, Vol 32, N° 65, pp. 159-181.

Dantur, A. (2020) “La función del Agrimensor en el ordenamiento territorial y en la planificación urbana”. Disertante en el marco del *ciclo de charlas virtuales “semana de la Agrimensura” organizado por el Colegio de Profesionales de la Agrimensura de la Provincia de Santa Fe – Distrito Norte*, durante los días 22, 23 y 24 de Abril de 2020. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=7MBuvfv6eqo>

Da Silva, C.; Insaurrealde, A. y Cardozo, O. (2014). Cartografía de Coberturas del Suelo mediante Sensores Remotos, de la Ciudad de Resistencia, Argentina (2013). *Revista Geográfica Digital*. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE, año 11, N° 21. Disponible en : <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/default.htm>.

De La Sala, S.; Maldonado, M. y Alterman, R. (2019). *Políticas de Suelo, Derecho Urbanístico y Cambio Climático: Instrumentos urbanísticos-tributarios como medidas para enfrentar al Cambio Climático*. Lincoln Institute of Land Policy.

Diaz Pacheco, J. y Hewitt, R. (2013). Modelado del Cambio de Usos de Suelo Urbano a través de Redes Neuronales Artificiales. Comparación con dos aplicaciones de software. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica. Geofocus*, N° 14, p. 1-22.

Eastman, R. (2012). IDRISI Selva. Guía para SIG y procesamiento de imágenes. Clark University.

Echavarría Miguel, C. y Aguado Moralejo, I. (2003). La Planificación Urbana Sostenible. *Zainak Cuadernos de Antropología - Etnografía*, 24, pp. 643-660

Fédération Internationale des Géomètres - FIG (2003). *FIG Definition of the Functions of the Surveyor*. Disponible en: https://www.fig.net/news/archive/news_2003/FIG_definition_of_surveyor_2003_fin.as
P

Fernández, C.; Otazú, M. (2003). *Reordenamiento Urbano de Paso de los Libres*. Acuerdo: UNNE- Municipalidad de Paso de los Libres. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNNE.

Fernandes Nogueira, A.; Sanson, F. y Pessoa, K. (2007). A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, 5427-5434.

Foody, G. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*. 80. Pp. 185-201.

Ford, L. (1996). Latin American City Models Revisited. *Geographical Review*. 89, 1. Pp. 437-440.

Fuenzalida Díaz, M. (2015). La perspectiva del análisis espacial en los Sistemas de Información Geográfica. En Miraglia, M, Caloni, N y Buzai, G (2015) (comps.) *Sistemas*

de Información Geográfica en la Investigación Científica Actual. Ediciones UNGS, Los Polvorines. 49-58.

Gallardo Beltrán, M. (2014). Cambios de Usos del Suelo y Simulación de Escenarios en la Comunidad de Madrid. Análisis de tres décadas de Transformación Territorial y Proyección Futura. Tesis Doctoral del Departamento de Geografía Humana de la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense de Madrid.

Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. *CEPAL, Serie Medio Ambiente y Desarrollo*, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile.

García, T. (2016). Una mirada hacia las ciudades intermedias. El país. Recuperado de https://elpais.com/elpais/2016/05/13/seres_urbanos/1463119200_146311.html. (Fecha de Consulta: 19/04/2019).

Gettys, W. (1940). Human Ecology and social theory. *Social Forces*, 18. 4.

Goded, M. (2000). La caja de Herramientas de la prospectiva estratégica. *Cuadernos de LIPS*.

Gomez Delgado, M. y Rodriguez Espinoza, V. (2012). *Análisis de la dinámica urbana y simulación de escenarios de desarrollo futuro con tecnologías de la información geográfica*. Madrid, Ra-Ma, 347 pág.

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

González León, M.; Rojas Villalobos, L.; Alatorre Cejudo, L. y Bravo Peña, L. (2015). Predicción y Modelación del crecimiento urbano de Ciudad Cuahémoc, Chihuahua del 2010, usando autómatas celulares (SLEUTH). En Alatorre Cejudo, L., Torres Olave, M., Rojas Villalobos, L., Bravo Peña, L., Wiebe Quintana, L., Sandoval Gutierrez, F. y López González, E. (Coords.). *Geoinformática aplicada a procesos geoambientales en el contexto local y regional: teledetección y sistemas de información geográfica*. 1era Ed. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Disponible en:

<http://www3.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/Documents/Geoinformatica/Geoinformatica.pdf>

Goytia, C. y Pasquini, R. (2010). *Land Regulation in the Urban Agglomerates of Argentina and its Relationship with Households' Residential Tenure Condition*. Lincoln Institute of Land Policy, Working Paper.

Griffin, E. y Ford, L. (1980). A model of Latin American city structure. *Geographical Review*. 70, 4. Pp. 397- 422.

Hagen, A. (2002). Multi-method assessment of map similarity. *5th AGILE Conference on Geographic Information Science, Palma (Mallorca, Spain)*.

Hansjürgen Haar, V. (1961). *La misión del Agrimensor*, UNC, Córdoba.

Henríquez, C.; Azócar, G. y Aguayo, M. (2006). Cambio de usos del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, diciembre, 36, Pontificia Universidad Católica de Chile Santiago, Chile pp. 61-74

Henriquez Dole, L. (2012). Escenarios Futuros de Uso de Suelo para el Análisis del Efecto del Cambio Global en los Recursos Hídricos Aplicado al Acuífero de La Mancha Oriental. *Trabajo Final de Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Intensificación: Recursos Hídricos*. Universitat Politècnica de Valencia. Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15479/TFM_Lenin_Henriquez_2011.pdf?sequence=1

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

Henríquez Ruiz, C. (2015). Modelación de Patrones de Crecimiento en Ciudades Medias Chilenas: ¿Se Fortalece el Desarrollo Urbano Sustentable? En Bellet, C., Melazzo, E., Sposito, E. y Llop, J. (eds.) (2015) *Urbanización, producción y consumo en ciudades medias / intermedias*. Universidade Estadual Paulista; Lleida: Edicions de la Universitat de Lleida , 2015. p. 514.

Hoyt, H. (1939). *The structure and growth of residential neighborhoods in American cities*. Washington, D.C.: Government Printing Office.

Humacata, L. y Buzai, G. (2018). Análisis de los Cambios de Usos del Suelo con Sistemas de Información Geográfica. En Mikkelsen, C y Picone, N (Comps). *Geografías del presente para construir el mañana: miradas geográficas que contribuyen a leer el presente*. 1ra ed. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2018. pp. 1001-1011.

Hurtubia, R. y Cox, T. (2017). *Expansión Urbana y Accesibilidad*. Disponible en: <https://www.plataformaurbana.cl/archive/2017/05/29/expansion-urbana-y-accesibilidad/>

INDEC (1991). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas.

INDEC (2010) Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Disponible en: https://www.indec.gob.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135 (Fecha de consulta: 15/07/2017).

INDEC (2017). Proyecciones y estimaciones. Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-2-24> (Fecha de consulta: 24/10/2017).

INDEC (2018). Proyecciones y estimaciones. Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-2-24> (Fecha de consulta: 21/09/2018).

International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank (2016). *World Development Indicators Highlights: Featuring the Sustainable Development Goals*. Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/opendata/world-development-indicators-2016-now-available>

Ivars, L. (2019). Ampliar los alcances de la profesión y la visión del territorio. Discurso inicial como miembro de la Academia de Agrimensura. Disponible en: https://academianacionaldeagrimensurablog.files.wordpress.com/2019/08/ampliar-los-alcances-de-la-profesion-y-la-visic3b3n-del-territorio_leonardo-b.-ivars.pdf

Jaramillo Magaña, D. (2016). Análisis multitemporal de la expansión urbana del municipio de Santiago de Cali, Colombia. *Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Programa Especialización en Sistemas de Información*

Geográfica. Tesis. Disponible en:
<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/3003>.

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

Jiménez Moreno, M.; González Guillen, M.; Escalona Maurice, M.; Valdez Lazalde, J.; Aguirre Salado, C. (2011). Comparación de métodos espaciales para detectar cambios en el uso del suelo urbano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(3), pp. 389-406.

LaMacchia, L. (2014). Modelización del Drenaje Urbano de la Ciudad de Tandil mediante Tecnologías de la Información Geográfica. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, N° 6, pp. 66-81.

Landis, R. y Koch, G. (1977) The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, Vol. 33, N° 1, pp. 159-174. Disponible en:
<https://www.jstor.org/stable/2529310>.

Lanfranchi, G.; Duarte, J. y Granero Realini, G. (2018). La expansión de los Grandes Aglomerados Urbanos argentinos. *Documento de Políticas Públicas/Recomendación N°197*. Buenos Aires: CIPPEC.

Lattes, A. (2000). Población Urbana y Urbanización en América Latina. Disponible en:
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=19146>

Linares, S. (2012). Aportes de la ecología urbana y modelos neoclásicos para analizar la diferenciación socioespacial en ciudades medias bonaerenses: Pergamino, Olavarría y Tandil (2001). *Huellas*, N° 16, ISSN 0329-0573. pp. 13-35.

Linares, S.; Del Fresno, M. y Meliendrez, M. (2014). Expansión urbana mediante tecnologías de la información geográfica y modelos emergentes: aplicación a la ciudad Tandil (Buenos Aires, Argentina). *III Congreso internacional de ordenamiento territorial y tecnologías de la información geográfica*. Universidad Nacional General Sarmiento, Argentina, p. 31.

Linares, S. (2015). Aplicación de modelos de simulación de crecimiento urbano. En Buzai, G; Cacace, G; Humacata, L; Lanzelotti, S (Comps.) (2015). *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 1: Por una Geografía de lo real*. MCA Libros. Mercedes. pp. 231-247.

Linares, S. (2016). Evolución Histórica sobre la Modelización del Espacio Urbano en Geografía. *Sociedade e Território*. Vol. 28, N° 2, Natal, pp. 23 - 41.

Linares, S. (2017). Simulación de cambios de usos del suelo urbano mediante Sistemas de Información Geográfica. Presentación realizada en el marco de la carrera Doctorado en Geografía de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste (FHUM – UNNE). Resistencia, Chaco. 1 al 4 de agosto de 2017.

López Ricalde, C.; López-Hernandez, E. y Ancona Peniche, I. (2005). Desarrollo Sustentable o Sostenible: una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*. Vol 4, N° 2. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457845044002>

López Sánchez, D. (2012). Ordenamiento Territorial de los Parques Industriales en la Provincia. Diseño Legal. Informe Final. Tomo II. Convenio Consejo Federal de Inversiones (CFI) – Gobierno Provincial.

López Trigal, L. (2010). *Diccionario de términos sobre la ciudad y lo urbano*. Editorial Biblioteca Nueva. Madrid.

López Trigal, L. (2015). *Diccionario de Geografía Aplicada y Profesional. Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*. Universidad de León. Recurso en línea. pp. 676.

López Vázquez, V. y Plata Rocha, W. (2009) Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, N° 68, pp. 85-101.

Magrinyà, F. y Herce, M. (2007). Los costes ambientales de la ciudad de baja densidad. En: Franciso Indovina (Coord.) *La ciudad de baja densidad Lógicas, gestión y contención*. Colección Estudios. Serie Territorio 1, Barcelona, pp. 243-264.

Management Solutions (2018). *Machine Learning, una pieza clave en la transformación de los modelos de negocios*. Disponible en: <https://www.managementsolutions.com/es/publicaciones-y-eventos/informes-sectoriales/white-papers/machine-learning-una-pieza-clave-en-la-transformacion-de-los-modelos-de-negocio>

Mangada, E. (2008). *Ciudad Compacta – Ciudad Dispersa*. Otro Mundo en Posible. La opinión independiente de ciudadanos críticos. Disponible en: <https://www.otromundoenposible.net/ciudad-compacta-ciudad-dispersa/>

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

Marcos, M. (2015). Análisis socioespacial de las condiciones sociohabitacionales de la Aglomeración Gran Buenos Aires. En Miraglia, M., Caloni, N y Buzai, G. (Orgs.) (2015) *Sistemas de Información Geográfica e-n la Investigación Científica Actual*. 1^{era} Ed. Ediciones UNGS, Los Polvorines. Pp. 185-199.

Mari, O. (2000a). Caracterización y Expansión Urbana de la ciudad de Curuzú Cuatiá. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2000*. UNNE.

Mari, O. (2000b) *Organización y Desarrollo Urbano de las Ciudades de Goya. Mercedes, Monte Caseros, Esquina y Curuzú Cuatiá*. CEDODAL, Buenos Aires.

Martínez Gaete, C. (2016a). Esta es la Nueva Agenda Urbana promulgada en Habitat III. Disponible en: http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/10/21/habitat-iii-promulga-la-nueva-agenda-urbana-que-guiara-el-desarrollo-urbano-hasta-2036/?fbclid=IwAR0ePBpTwMAcXyuOrPKOI7tOm7eN9ws-fjok3Jy1VDyB7nqVL0m0Z_hpAeg

Martínez Gaete, C. (2016b). Informe Mundial de las Ciudades 2016: cómo ha sido la urbanización en los últimos 20 años. Disponible en: plataformaurbana.cl/archive/2016/06/08/informe-mundial-de-las-ciudades-2016-como-ha-sido-la-urbanizacion-en-los-ultimos-20-anos/?fbclid=IwAR33Ox5OhzTLYSAS1O3ieI_ii-17uhb0jkcNiwrjMZ7TozbiAY8EAEVv_Bs

Mas, J.; Kolb, M.; Houet, T.; Paegelow, M. y Camacho Olmedo, M. (2010). Una comparación de diferentes enfoques de modelación de cambios de cobertura/uso del suelo. XIV Simposio Internacional SELPER 2010, Guanajuato, Mexico.

Mayor Farguell, X. (2007) Reflexiones sobre la ciudad: más allá de la ciudad difusa, más allá de la ciudad densa. en *La ciudad de baja densidad Lógicas, gestión y contención*, Franciso Indovina (Coord.) Colección Estudios. Serie Territorio 1, Barcelona, 265-276.

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2011a). *Plan Estratégico Territorial Avance II: Argentina Urbana*. 1a ed. - Buenos Aires. 176 p.

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2011b). *Plan Estratégico Territorial Avance II: Planificación Estratégica Territorial*. 1a ed. - Buenos Aires. 101 p.

Ministerio de Planificación, Inversión Pública y Servicios (2016). *Argentina 2016. Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Construyendo una Argentina equilibrada, integrada, sustentable y socialmente justa*. Buenos Aires.

Mishra, V.; Rai, P. y Mohan, K. (2014). Prediction of Land Use Changes based on Land Change Modeler (LCM) Using Remote Sensing: A Case Study Of Muzaffarpur (Bihar), India. *Journal of the Geographical Institute 'Jovan Cvijic'*, Vol. 64, pp. 111-127.

Mertins, G. (1980). Typen inner- und randstädtischer Elendsviertel in Großstädten des andine Südamerika. *Lateinamerika- Studien*. 7. Pp. 269- 295. (Types of inner-city and peripheral alum areas in cities of Andean Latin American).

Mertins, G. (1995). La diferenciación socioespacial y funcional de las ciudades intermedias latinoamericanas: ejemplos del noroeste argentino. *Revista interamericana de Planificación*. 112. Pp. 55-68.

Murdie, R. (1969). "Factorial Ecology in Metropolitan Toronto, 1951-1961: An Essay on the social geography of the city". *Research Paper* 116. Department of Geography of Chicago.

Naciones Unidas (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo "Nuestro Futuro Común". Disponible en:

http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMA D-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

National Geographic (2010). Expansión Urbana Descontrolada. Disponible en: nationalgeographic.es/medio-ambiente/expansion-urbana-descontrolada

Navarro Rau, M. (2012). Cobertura - Uso del Suelo y Dinámica de Cambio. Departamentos Curuzú Cuatiá – Esquina – Mercedes – Monte Caseros – Sauce. *Informe PNECO 092022. INTA. Dinámica de la Cobertura y Uso del Suelo*. Diciembre 2009 – Diciembre 2012.

Navarro, S.; Pérez Méndez, L.; Williams, C. y Aguasvivas Santana, J. (2009) Análisis del crecimiento urbano en el Área Metropolitana de Santo Domingo a través de las imágenes multiespectrales del satelital Landsat TM. *A Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009) "Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice*. Venezuela.

Nieto, P.; Oviedo, S. y Nacif, N. (2016). Un modelo de análisis de uso del suelo en diferentes escenarios en San Juan, Argentina. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*. Vol 9, N° 17, Enero – Junio 2016. pp. 90-101.

OFU, Observatorio Federal Urbano, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Subsecretaria de Planificación Territorial de la Inversión Pública (2017). Análisis de la expansión urbana de Comodoro Rivadavia. Argentina. Disponible en: <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/planes-loc/CHUBUT/Analisis-de-Expansion-Urbana-Comodoro-Rivadavia.pdf>.

Olaya, V. (2012) Sistemas de información geográfica. Tomo I. Versión 1.0. Disponible en: http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG

Olaya, V. (2014) Sistemas de información geográfica. Disponible en: http://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf.

ONU (2014). Departamento de Asuntos Sociales y Económicos –DAES- Disponible en: <http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html> (Fecha de consulta: 15/08/2017).

ONU (2018). Departamentos de asuntos económicos y sociales. Disponible en: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>. (Fecha de consulta: 22/10/2018).

ONU - Hábitat (2012). *Estado de las ciudades de América Latina y El Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana*. Disponible en: https://flacso.edu.ec/cite/media/2016/02/ONU_Habitat_2012_Estado_de_las_ciudades_de_America_Latina_y_el_Caribe._Rumbo_a_una_nueva_transicion_urbana1.pdf

ONU – Hábitat (2016). *Nueva Agenda Urbana*. Disponible en: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>

ONU - Hábitat (2017a). *Cómo elegir el patrón urbano que funcione mejor para cada ciudad*. Disponible en: <http://onuhabitat.org.mx/index.php/como-elegir-el-patron-urbano-que-funcione-mejor-para-su-ciudad>.

ONU - Hábitat (2017). Disponible en: <https://es.unhabitat.org/temas-urbanos/planificacion-y-disenho/> (Fecha de consulta: 20/08/2017).

ONU (2019). Hábitat. La Nueva Agenda Urbana en español. Disponible en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>

Pascual Rosa, V.; Aguilera Benavente, F.; Plata Rocha, W.; Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2010). Simulación de modelos de crecimiento urbano: métodos de comparación con los mapas reales. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. pp. 1.000-1.013.

Petrovic, J.; Scornick, M. y Borges, J. (2014). Políticas Económicas y Socio Territoriales y Sustentabilidad Ambiental: El Caso Paso De Los Libres, Provincia De Corrientes. Instituto de Planeamiento Urbano y Regional. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco, Argentina

Pijanowsky, B.; Brown, D.; Shellito, B. y Manik, G. (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers, Environment and Urban Systems*. Version 7, pp 23.

Pina, A. (2015). *Técnicas Estadísticas aplicadas a la Calidad de Productos Cartográficos*. Presentación realizada en el marco de la carrera Doctorado en Agrimensura de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCa). San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. 1 al 3 de septiembre de 2015.

Pineda Jaimes, N. y Principi, N. (2019). Análisis Espacial de Cambios de Usos del Suelo con Sistemas de Información Geográfica. En Buzai, G; Humacata, L; Lanzelotti, S; Montes Galbán, E y Pincipi, N (comps). *Teoría y Métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 2: Por una Geografía empírica*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Impresiones Buenos Aires Editorial, 2019, pp. 75-94.

Plan Estratégico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Paso de los Libres – PEOT (2013). Convenio CFI- UNNE. Convenio provincia de Corrientes – UNNE - Facultad de Arquitectura y Urbanismo -Instituto de Planeamiento Urbano y Regional – BAT.

Plan Estratégico para el Desarrollo Urbano Ambiental del Municipio de Goya - PEDUAM (2012). Proyecto BID 1896/OC-AR Estudio 1.EG.188, del Programa Multisectorial de Preinversión del Ministerio de Economía de la Nación.

Plata Rocha, W.; Bosque Sendra, J. y Gomez Delgado, M. (2011). Análisis de Factores Explicativos del Crecimiento Urbano en la Comunidad de Madrid a través de Métodos Estadísticos y SIG. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, N°3, pp. 201-230.

Plata Rocha, W.; Baluja Arestiño, J. y Bosque Sendra, J. (2012). Determinación de los Factores Relacionados con el Crecimiento Urbano mediante TIG y Técnicas Estadísticas de Regresión. En: Gómez Delgado, M. y Rodríguez Espinoza, V (coords.). *Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. Madrid: RaMa Editorial, pp. 151-181.

Plata Rocha, W. (2016). Procesos de Detección y Medición de Cambios en las Coberturas del Suelo. Presentación realizada en el marco de la carrera Doctorado en Geografía de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Resistencia, Chaco. 8 al 11 de marzo de 2016.

Ponituis, R. (2000). Quantification Error Versus Location Error in Comparison of Categorical Maps. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 66, No. 8, August 2000, pp. 1011-1016.

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.

Precedo Ledo, A. (2004). *Nuevas realidades territoriales para el siglo XXI*. Madrid, España. Editorial Síntesis.

Presman, I. (2009). Plan Estratégico de Desarrollo Urbano Ambiental de la Provincia de Corrientes - PEDUAC. Informe Final. CFI. Secretaría de Planeamiento.

Ramírez, L. y Pértile, V. (2013a). Cambios de Uso de Suelo y Tendencias de la Expansión Urbana entre 1990 y 2030 en Juan José Castelli y Villa Ángela, Chaco, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*. Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG), N° 5, Universidad Nacional de Luján, Argentina, pp. 194-216.

Ramírez, L. y Pértile, V. (2013b). Análisis comparativo de la expansión urbana y el crecimiento poblacional en el sudoeste chaqueño 1990-2010, mediante el uso de Sensores Remotos. *II Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica y II Jornadas de Sistemas de Información Geográfica*. Instituto del Conurbano. Universidad Nacional de General Sarmiento. General Sarmiento, Buenos Aires, octubre de 2013.

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

Ramírez, L. y Pértile V. (2015). El proceso de urbanización del Chaco, expansión urbana, cambios de uso en ciudades intermedias de la Provincia del Chaco, Argentina. *6° Seminario de Políticas Urbanas, Gestión Territorial y Ambiental para el Desarrollo Local*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE y Ministerio de Educación de la Nación. Junio 2015.

Ramírez, L. y Pértile, V. (2017). Crecimiento poblacional, expansión urbana y cambio de usos de suelo en ciudades intermedias de la provincia del Chaco, Argentina. El caso de Juan José Castelli. *Estudios Socioterritoriales* N° 21. Enero-junio 2017, pp. 111-131.

Research Institute For Knowledge Systems (RIKS) (2010). Map Comparison Kit 3. User Manual. Maastricht, The Netherlands.

Reynoso, C. (2010). Análisis y diseño de la ciudad compleja: perspectivas desde la antropología urbana. 1ra ed. Buenos Aires, SB.

Romero Rojas, M. (2015). Evolución urbana y perspectivas al año 2020 en la ciudad de Loja. Universidad San Francisco De Quito. Tesis. Disponible en: <http://192.188.53.14/bitstream/23000/4932/1/122675.pdf>.

Salgado García, M.; Rojas Quezada, C.; y Carvalho Cantergiani, C. (2008). Modelos Territoriales y Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad. Valoración Crítica de Algunas Experiencias Concretas. *Serie Geográfica - Profesora María de los Ángeles Díaz Muñoz, In Memoriam*. N° 14, 2007 – 2008, pp.131 - 145

Sandoval Verdugo, G. (2009). Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del Gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros. *Memoria para optar el Título Profesional de Geógrafo de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Escuela de Geografía de la Universidad de Chile*. http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/aq-sandoval_g/pdfAmont/aq-sandoval_g.pdf

Santos Preciado, J.; Azcárate Luxán, M.; Cocero Matesanz, D.; García Lázaro, F. y Muguruza Cañas, C. (2012 a). Análisis detallado del crecimiento urbano mediante tecnologías de la información Geográfica. En: Gómez Delgado, M y Rodríguez Espinoza, V (coords.). *Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. Madrid: RaMa Editorial, pp. 81-121.

Santos Preciado, J.; Azcárate Luxán, M.; Cocero Matesanz, D.; García Lázaro, F. y Muguruza Cañas, C. (2012 b). Claves del Crecimiento Urbano Actual. En: Gómez Delgado, M y Rodríguez Espinoza, V (coords.). *Análisis de la Dinámica Urbana y*

Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica. Madrid: RaMa Editorial, pp. 20-78.

Santos Preciado, J. y García Lázaro, F. (2012). La vivienda unifamiliar, fenómeno característico de la ciudad dispersa. Contrastes sectoriales en la aglomeración urbana de Madrid. *Anales de Geografía* 2012, vol. 32, número 1, pp. 153-179.

Santos Preciado, J.; Prieto Flores, M.; Borderías Uribeondo, M.; Azcárate Luxán, M.; Cocero Matesanz, D.; Muguruza Cañas, C. y Santa Cecilia Mateos, F. (2014). Análisis de la estructura urbana, mediante bases de datos de detalle. Aplicación al estudio del sector 3, barrio residencial del municipio de Getafe. *Tecnologías de la información para nuevas formas de ver el territorio: XVI Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica*, celebrado del 25 al 27 de junio de 2014, en Alicante. Madrid: AGE, 2014. ISBN 978-84-940784-4-6, 663-675

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

Tella, G. (2010). *Cómo crece la ciudad: lógicas de un acuerdo social*. Disponible en: <https://www.guillermotella.com/articulos/como-crece-la-ciudad-logicas-de-un-acuerdo-social/> (Fecha de consulta: 13/03/2019)

Tella, G. (2016). *El papel de las ciudades intermedias en Argentina*. Disponible en: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/03/15/el-papel-de-las-ciudades-intermedias-en-argentina/>. (Fecha de consulta: 16/04/2019)

Tella, G. y Potocko, A. (2009). "El papel de las ciudades intermedias en el nuevo escenario: Entrevista exclusiva al urbanista catalán Josep María Llop". Buenos Aires: Diario El Cronista, Suplemento de Arquitectura; enero 22, pp. 4-5. Disponible en: <https://www.guillermotella.com/articulos/ciudades-intermedias-dialogos-con-josep-maria-llop/>

Tella, G. y Potocko, A. (2018). *Guía para generar suelo urbano en ciudades intermedias: Lineamientos y criterios para la de gestión del territorio*. Disponible en: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2018/03/19/guia-para-generar-suelo-urbano-en-ciudades-intermedias-lineamientos-y-criterios-para-la-de-gestion-del-territorio/>. (Fecha de consulta: 19/03/2018).

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.

Tibaquira Castro, H. (2016). Análisis multitemporal del crecimiento urbano de la zona de expansión para el periodo de 1987 – 2015 en el municipio de Ibagué, Tolima. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería. Tesis. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15506/1/TibaquiraCastroHeidyGised2016.pdf>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2002). *World urbanization prospects: The 2001 revision data tables and highlights*. Nueva York: United Nations. Disponible en <http://www.un.aog/esa/population/publications/publications.htm>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. New York: United Nations. Disponible en <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>

Usach, N. y Garrido, R. (2009). Los cambios en el sistema urbano argentino. Especialización y diversidad. En: *XXXV Reunión de estudios regionales*. Valencia, España. Ed. Ivie.

Valenzuela Montes, L.; Soria Lara, J. y Salado García, M. (2012). Incidencia de la Planificación Territorial en los Prones de Desarrollo Urbano. Perspectivas desde Escalas Metropolitanas Diversas: Granada y Madrid. En Gómez Delgado, M y Rodríguez Espinoza, V (coords.). *Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. Madrid: RaMa Editorial, pp. 123-149.

Veldkamp, A. y Lambin, E.F. (2001). Editorial: Predicting land-use change. *Agricultural, Ecosystems and Environment*, N° 85, PP1-6.

Veldkamp, T. y Verburg, P. (2004). Modelling land use change and environmental impact. *Journal of Environmental Management*, N° 72, pp. 1-3.

Wegener, M. (2000). New Spatial Planning Models. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 3, N° 3. Disponible en: http://www.spiekermann-wegener.com/pub/pdf/MW_Enschede_061200.pdf

San Fernando del Valle de Catamarca, 11 de septiembre de 2020.-

SR.

DIRECTOR DE LA CARRERA DOCTORADO EN AGRIMENSURA
FACULTAD DE TECNOLOGIA Y CIENCIAS APLICADAS – UNCa.
DR. ING. AGRIMENSOR CRISTIAN BEVACQUA

En mi carácter de Directora de Tesis de la Doctoranda Agrimensora Laura Fabiana Gómez, M.U. 054 de la Carrera de Doctorado en Agrimensura, de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, me dirijo a Ud. a los efectos de presentar el Informe Final de la Tesis elaborada por mi dirigida, conforme con el Artículo 29, del Reglamento del Doctorado en Agrimensura aprobado por Ordenanza del Consejo Superior de la UNCa. N° 016/02.

La Tesis Doctoral que ha sido elaborada bajo mi dirección titulada “Cambios de Usos del Suelo en ciudades intermedias de la Provincia de Corrientes entre los años 1990 y 2016. Descripción, análisis y simulación de escenarios futuros mediante Sistemas de Información Geográfica”, se realizó conforme al Plan de Estudios oportunamente presentado y aprobado por parte de la Comisión de Doctorado, y que tuvo una sola modificación a lo largo de estos años que se refiere a la incorporación de la ciudad de Goya. Se concreta dentro del plazo establecido por el artículo 27° del Reglamento de Doctorado en Agrimensura, es decir dentro de los seis años contados a partir de su inscripción en la Carrera.

El trabajo de Tesis es el resultado de una rigurosa investigación científica que se apoya en la lectura de antecedentes relevantes, en la selección y normalización de datos de diversa naturaleza y fuentes, en la adecuación y armonización de los datos recopilados, en el análisis espacial de geodatos mediante la profusa y pertinente utilización de variadas Tecnologías de la Información Geográfica.

La Doctoranda inicia su trabajo considerando que los cambios de uso de suelo a lo largo del tiempo ha provocado la extensión y propagación de las ciudades, aún a pesar de la presencia de factores, tanto naturales como artificiales, condicionantes de tal expansión, razón por la cual se generan desarrollos urbanos descontrolados, ciudades fragmentadas, urbanizaciones irregulares que podrían provocar

externalidades negativas tanto para la calidad del ambiente como para la calidad de vida de sus habitantes.

En el desarrollo del trabajo sobresale el uso de variadas fuentes de información, entre las cuales se destacan imágenes de satélite de diferentes plataformas y sensores, con disimilitud en la resolución espacial y espectral, motivo por el cual la doctoranda demostró una significativa idoneidad para integrarlas, armonizarlas y prepararlas adecuadamente de cara al análisis multitemporal. Otra fuente de información fue la de tipo estadística que también se caracterizó por la diversidad que presentó en los distintos momentos de análisis y por ello requirió, de igual modo, de un tratamiento conforme a las necesidades del trabajo.

La labor realizada es también muy valorada debido a la importancia que reviste la elaboración de modelos cartográficos y cartografía temática que muestran, en diferentes momentos, los usos del suelo y la expansión urbana en las tres ciudades que se analizan. Es así que estos productos/resultados se convierten en un recurso muy apreciado en la planificación urbana. En este caso la originalidad de las categorías o leyenda utilizada merece ser justipreciada ya que se trata de una clasificación original y adaptada a las ciudades que se analizan pudiendo compararlas entre sí.

El trabajo de tesis tiene además un aporte altamente meritorio ya que la doctoranda no sólo se propuso indagar acerca de la expansión entre dos tiempos pasados, sino que tomó el desafío de simular escenarios futuros para que los resultados alcanzados se conviertan en una herramienta de gestión territorial. Para alcanzar esta meta fue preciso indagar e investigar con singular exhaustividad, a la vez que adquirir competencias y habilidades en el manejo de recursos tecnológicos referidos a Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial y Sistemas de Información Geográfica – SADE/SIG- tanto de carácter propietario como de tipo libre y gratuito, ya que los mismos son en la actualidad herramientas idóneas y necesarias para avanzar en los estudios urbanos.

El proceso de investigación en el que se apoyó la tesis que se presenta reúne todas las condiciones que le cabe a un trabajo de excelencia científica. La calidad y actualidad de la bibliografía consultada es también el reflejo de la fecunda y enriquecedora lectura de artículos científicos y textos de la especialidad que permitieron darle al trabajo la profundidad que requiere un Trabajo de Tesis Doctoral, en el que además se presentan explícitamente las posibles aplicaciones que en el campo de la agrimensura pueden tener los resultados alcanzados a través de esta investigación.

Las apreciaciones que previamente se han expuesto son solo un intento por demostrar el excelente trabajo que durante los años ha desarrollado la Agrimensora Laura Gómez, quien ha tenido un desempeño más que satisfactorio; todo ello me lleva a prestar conformidad a la aprobación del Trabajo de Tesis Doctoral realizado, y solicito su presentación ante el Jurado de Tesis a designarse conforme lo establece el Reglamento del Doctorado en Agrimensura.

Sin otro particular la saludo muy atentamente.



Dra. Mirta Liliana Ramírez
Directora de Tesis

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución -
NoComercial-Compartir
Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0 Internacional).