

# Determinación del uso y cobertura del suelo de la cuenca alta y media del río Luján

## Determination of land use and land cover of the upper and middle basin of the Luján river

Pedro Riva<sup>1</sup> , Rodrigo González Guidi<sup>2</sup> , Aníbal Sánchez Caro<sup>3</sup>  y  
Fernanda Julia Gaspari<sup>4</sup> 

### RESUMEN

Conocer el uso y la cobertura de suelo es necesario en el ordenamiento territorial y en el modelamiento hidrológico de una cuenca. El estudio se centralizó en actualizar la zonificación y caracterización de las coberturas y usos del suelo en la cuenca alta y media del río Luján mediante imágenes satelitales de alta resolución. Se identificaron ocho categorías de uso del suelo, utilizando imágenes de Google Earth para los años 2021 y 2022. Se generó el mapa de coberturas y usos del suelo para la cuenca alta y media del río Luján. La actividad agropecuaria prevaleció en ambas cuencas, con predominio ganadero en la alta y agrícola en la media. Esta última, además, experimentó un notorio aumento en urbanizaciones. La validación a través de una matriz de confusión mostró una alta precisión global. La información geoespacial se encuentra disponible en un repositorio de acceso libre, destinada a ser una base para la gestión municipal y provincial, para la toma de decisiones de manera integral y sostenible, contribuyendo al diseño de estrategias para la planificación territorial y la conservación del medio ambiente en la cuenca del río Luján

**Palabras clave:** SIG, cobertura y uso de suelo, cuenca río Luján

### ABSTRACT

Understanding land use and land cover is crucial for territorial planning and hydrological modeling within a watershed. This study focused on updating the zoning and characterization of land cover and land use in the upper and middle basins of the Luján River using high-resolution satellite imagery. Eight land use categories were identified, utilizing Google Earth images from 2021 and 2022. A land cover and land use map was generated for the upper and middle basins of the Luján River. Agricultural activities predominated in both basins, with livestock prevailing in the upper basin and agriculture in the middle basin. The latter also experienced a significant increase in urbanization. Validation through a confusion matrix demonstrated high overall accuracy. Geospatial information is available in an open-access repository, intended as a foundational resource for municipal and

<sup>1</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján; pedroriva89@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Luján; rodrigo.gonzalezguidi@gmail.com

<sup>3</sup> Grupo de Investigación en Ecología Acuática, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján; asanchezcaro@yahoo.com.ar

<sup>4</sup> Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata; fgaspari@agro.unlp.edu.ar

provincial management, facilitating comprehensive and sustainable decision-making. It contributes to the development of strategies for territorial planning and environmental conservation in the Luján river basin.

**Keywords:** GIS, land cover and land use, Luján river basin

## Introducción

Históricamente, en la cuenca del Luján, existe una competencia espacial entre los distintos usos del suelo, sobre todo en aquellos territorios de interfase urbano-rural, en donde se generan diversos conflictos (Buzai & Principi 2017, Humacata, 2022). En las últimas dos décadas dentro de dicha cuenca hubo un incremento de urbanizaciones cerradas polderizadas (UCP), que son suburbanizaciones residenciales dirigidas a sectores de elevados ingresos a través emprendimientos destinados al uso residencial de muy baja densidad, que se desarrollan sobre humedales ribereños, áreas de gran valor patrimonial y fragilidad ambiental (Fernández et al., 2010; Humacata, 2019; Pintos, 2019; Humacata, 2020). En general, las UCP están situadas dentro de la planicie de inundación, en zonas con cota menor a lo establecido en la Ley Provincial N° 6254 del año 1960, que regula las cotas mínimas de los partidos provinciales (Sisti et al., 2018). Por lo anteriormente dicho, el conocimiento de la cobertura y uso del suelo constituye una herramienta fundamental para el ordenamiento del territorio dentro de la cuenca (Aguayo et al., 2009).

Otra problemática de la cuenca del río Luján son las inundaciones recurrentes que repercuten negativamente en las actividades que se desarrollan dentro de las misma (Hass, 1995; Reyna et al., 2007). Por esto, también es de vital importancia, conocer las coberturas y uso de suelo, ya que dicha información permite estimar los escurrimientos que generan distintos eventos de precipitación dentro de la cuenca, en donde esta determinación es un paso primordial para poder realizar el modelado hidrológico de la misma (Gaspari et al., 2013).

La cobertura del suelo es considerada de carácter morfológico, debido a que define como es el recubrimiento de la superficie terrestre, ya sea de procedencia natural como artificial, y que puede ser visualizada y cuantificada mediante el empleo de sensores remotos; mientras que los usos se relacionan con las acciones e injerencias antrópicas sobre las cuberturas anteriormente mencionadas (Di Franco, 2018). La utilización de imágenes satelitales en conjunto con sistemas de información geográfica (SIG) es una herramienta muy empleada para adquirir información espacial actualizada de vastas zonas geográficas (Guichón, 1999; Gaspari, 2019). La generación de información temática de las imágenes obtenidas a través de sensores remotos puede llevarse a cabo por intermedio de dos métodos: la interpretación visual y la interpretación digital (Chuvieco, 1996). Cuál de estos dos procedimientos elegir depende de: las características propias del área y del objetivo; y de la aplicación del proyecto (Guichón, 1999). Es conveniente la elección del método visual cuando se pretende analizar superficies de elevada heterogeneidad espacial donde brindará una mayor exactitud, mientras que el proceso digital permite obtener resultados versátiles, rápidos y precisos, a través de algoritmos complejos, como los son los métodos de clasificación automatizada (Chuvieco, 1996).

Diferentes autores han determinado cobertura y usos de suelo en la cuenca del río Luján mediante el uso de imágenes satelitales y SIG. Ghichón et al. (1999) lo hicieron a través de la inter-

pretación visual de imágenes para el año 1994; Di Franco (2018) realizó interpretación visual y una clasificación supervisada de imágenes para los años 1985, 1995, 2005 y 2015; de igual forma lo hizo Humacata (2022) pero para los años 1990 y 2010; y Tenti Vuegen et al. (2023) para los años 1984 y 2019 en la porción alta de la cuenca. En estas tres últimas investigaciones también realizaron un análisis espacio-temporal de cambios de coberturas y usos del suelo en la cuenca. Todos estos autores coinciden en que la actividad predominante en la cuenca del río Luján es la agropecuaria, sobre todo en la porción alta de la misma, en donde la ganadería se relaciona con los sectores más bajos de la cuenca (suelos anegables y de aptitud agrícola nula) y generalmente es adyacente a los cursos de agua (Guichón et al., 1999), mientras que los usos agrícolas y agrícola-ganadero se establecen en suelos con buen drenaje en donde los anegamientos disminuyen. Di Franco (2018) y Humacata (2022) observaron en la cuenca media, que las actividades agropecuarias ocupan la mayor proporción de la superficie, pero que han reducido su área en el último tiempo, contrariamente a lo que ocurrió con el uso urbano, que aumentó considerablemente su ocupación.

En la ecorregión Pampeana, las áreas ribereñas han sido parcialmente invadidas por especies leñosas exóticas en los siglos XIX y XX (Ghersa, 2002). En el caso específico de la cuenca del río Luján, la invasión predominante en las riberas está encabezada por la acacia negra (*Gleditsia triacanthos*) (Morello et al., 2003; Cappello & de la Peña, 2007; Giorgi et al., 2014; Fernandez et al., 2017). Esta especie coexiste con otras invasoras, tales como el arce (*Acer negundo*), la mora (*Morus alba*), el fresno (*Fraxinus americana*), el ligustro (*Ligustro lucidum*), y la ligustrina (*Ligustrum sinense*), junto con una única especie nativa, el sauce criollo (*Salix humboldtiana*) (Gantes et al., 2017; Riva et al., 2019). Con el objetivo de facilitar el rápido desplazamiento de la masa de agua durante las crecidas del río Luján, el estado provincial bonaerense comenzó en el año 2021 (Comité de Cuenca del Río Luján, 2021) con la obra denominada "Adecuación del cauce del río Luján", la cual comprende el desmonte (sin discriminación de especies) y el perfilado de una franja de aproximadamente 30 m de las riberas en ambas orillas a lo largo de decenas de kilómetros del río. Esta obra hidráulica continúa en la actualidad (Comité de Cuenca del Río Luján, s.f.). Gantes & Sánchez Caro (2023), observaron que previo al desmonte del 2015, que el estrato herbáceo desarrollado bajo el dosel arbóreo presentaba escasas especies comúnmente halladas en las riberas, luego del desmonte el porcentaje de suelo desnudo cambió de un máximo de 72 % transcurridos los tres meses, a un mínimo de 21 % a los 36 meses, donde la mayor cobertura relativa correspondió a herbáceas anuales y perennes, luego palustres, y la cobertura de renovales de árboles y arbustos fue baja durante los tres años relevados, con un máximo en el período que inmediatamente sigue al disturbio.

Suponemos que en la cuenca alta del río Luján la actividad predominante continúe siendo la agropecuaria, pero con un avance de la agricultura sobre la ganadería y con aumento de urbanizaciones. En la cuenca media, se espera una fuerte actividad agropecuaria, con un incremento de urbanizaciones, sobre todo de las de baja densidad. En las riberas del cauce principal se espera que haya una dominancia de especies leñosas sobre herbáceas, con presencias de urbanizaciones de baja densidad (polderizadas). En las riberas de la cuenca media se espera detectar los cambios del desmonte y el perfilado ejecutado por el Gobierno provincial.

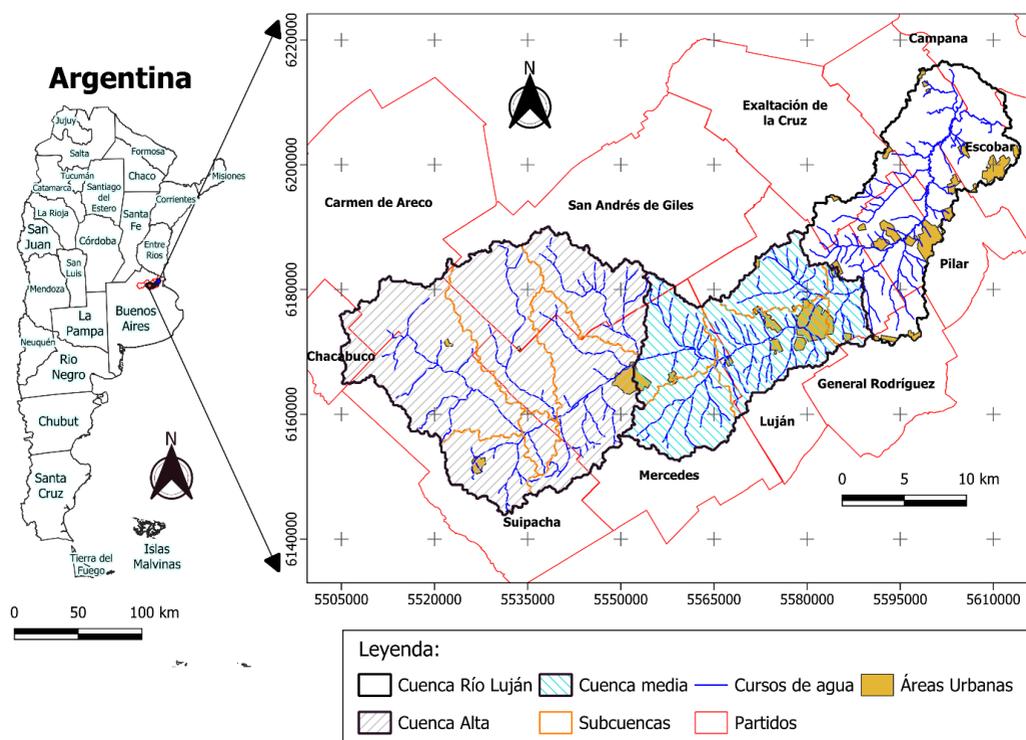
El objetivo general del presente trabajo fue actualizar la zonificación y caracterización de los usos y las coberturas del suelo de la cuenca alta y media del río Luján a partir de imágenes satelitales de alta resolución. Como objetivos específicos se determinó el uso y la cobertura del suelo de subcuencas que conforman la cuenca alta y media, como así también, dentro de área ribereña.

## Área de estudio

La cuenca del río Luján está ubicada en el noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura N°1). La misma posee un área de 2938,5 km<sup>2</sup>; un perímetro de 419,8 km; su ancho promedio es de 27 km, con una forma oval-oblonga a rectangular oblonga y la longitud de su cauce principal es de 135,7 km (Riva et al., 2021). Esta cuenca es pobremente drenada, con una pendiente media del cauce suave, lo que hace que el tiempo de concentración de la misma sea prolongado, por lo que ante eventos de elevada intensidad de precipitación es muy probable que se produzcan inundaciones por desbordes ribereños, cuya duración puede ser de varios días (Riva et al., 2021). Todas estas características son típicas de una cuenca de llanura (Calvi et al., 2018).

La cuenca alta está definida por siete subcuencas, con cierre en el puente de la calle 29 de la localidad de Mercedes; y la cuenca media por cinco subcuencas, con cierre en el puente de la ruta provincial N°6 en el partido de Luján. La cuenca alta posee una superficie de 1469,69 km<sup>2</sup> en donde las pendientes medias de los cauces son suaves (0,07 %). La cuenca media posee una menor superficie que la cuenca alta (753,97 km<sup>2</sup>), en donde sus cauces poseen pendientes medias moderadas (0,1 %).

**Figura N°1**  
Cuenca del río Luján



Fuente: elaboración propia en base a Buzai (2002) e IDERA (s.f.)

El área de estudio pertenece a la Pampa ondulada y está formada por dos unidades morfológicas, la terraza alta o meseta pampeana; y la terraza baja o llano inundable costero, compuestas por las siguientes unidades hidrogeológicas: Basamento Cristalino, Formación Olivos, Formación Paraná, Formación Puelches y/o Ituzaingó, Sedimentos Pampeanos y Sedimentos Postpampeanos (Silva Busso, 2010).

Con respecto al clima en la cuenca, el mismo es templado húmedo, con precipitaciones medias de 951 mm y temperatura media mensual 16,6 °C (Goldberg et al., 1995). Los cursos de agua que conforman la cuenca se alimentan de las lluvias locales, donde los principales son de carácter permanente, a excepción de sus cabeceras en las épocas de estiajes (Reyna et al., 2007).

En la cuenca habitan un poco más de un millón de personas (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2012) y en las proximidades del cauce principal se desarrollan ciudades como Suipacha, Mercedes, Lujan y Pilar, que utilizan al río y a sus tributarios para descargar efluentes líquidos urbanos, en muchos casos sin o con poco tratamiento previo, con un efecto negativo para el ecosistema (Sánchez Caro, 2010; Castañé et al., 2015).

## **Materiales y métodos**

### *Materiales*

Para determinar los usos y las coberturas de suelo en la cuenca alta y media del río Luján, como así también, en su área ribereña, se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución obtenidas de Google Earth provistas por la constelación de satélites de la empresa Maxar Technologies, donde la resolución varía entre los 82 y 31 cm (Maxar Technologies Inc, 2022). Las fechas de las imágenes empleadas fueron del 13/4/2021; 29/1/2022; 11/3/2022; 29/3/2022 y 4/8/2022. Para la extracción, el procesamiento y el análisis de la información temática de las imágenes de alta resolución se utilizó el software QGIS 3.34 (QGIS.org, 2023)

### *Metodología*

Se realizó una interpretación visual de las imágenes mediante la identificación de los distintos usos y coberturas del suelo a través de digitalización en pantalla con herramientas digitales SIG por medio del empleo de técnicas de fotointerpretación con el fin de agrupar categorías con características comunes, a través de análisis de: el tono, el color, diseño, forma, textura y la asociación (Di Franco, 2018).

Se definieron 8 categorías de uso y cobertura del suelo con relación a las principales actividades de la cuenca, en base a la clasificación INTA (1986), Mintegui Aguirre & López Unzu (1990) y Di Franco (2018) (Cuadro N°1).

**Cuadro N°1**  
Categorías de uso y cobertura de suelo

CATEGORÍA	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA	IMAGEN SATELITAL
Ciudad de alta densidad	Ca	Comprende el uso residencial, comercial e industrial.		
Ciudad de baja densidad	Cb	Incluye barrios cerrados, countries, casas quintas, áreas deportivas y recreativas. Comprende zonas de menor densidad urbana.		
Agrícola	A	Comprende a los principales cultivos anuales: estivales (soja, maíz, sorgo); y los cereales invernales (trigo, cebada),		
Agrícola-ganadero	AGa	Hace referencia a áreas de producción bovina (tambo e internada) que tienen como base a praderas de cultivos plurianuales (3 a 5 años de duración).		
Ganadero	G	Comprende la producción bovina, sobre todo la etapa de cría, que se desarrolla en ambientes con poco potencial productivo, sobre pastizales generalmente naturales.		
Hortícola	H	Áreas de poca superficie donde se desarrollan actividades agrícolas intensivas como la producción de verduras y frutas.		
Monte	M	Abarca las especies leñosas tanto implantadas como nativas.		

CATEGORÍA	NOMEN- CLATURA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA	IMAGEN SATELITAL
Cuerpos de agua	Ag	Hace referencia a todos los cursos de agua y cuerpos de aguas aislados.		

Fuente: elaboración propia.

El uso ciudad alta densidad (Ca) abarca los principales centros urbanos de la cuenca como lo son las ciudades de Suipacha, Mercedes y Luján, compuestos mayoritariamente por superficies impermeables. La categoría ciudad de baja densidad (Cb) comprende zonas de menor densidad urbana ubicadas, generalmente, en la periferia a los centros urbanos de alta densidad, en forma de barrios cerrados, countries, clubes de campo, zonas de casas quintas, como así también, áreas deportivas y recreativas.

La clase agrícola (A) está constituida por los suelos de mayor potencial productivo, que permiten la obtención de cosechas de manera permanente. Comprende a los principales cultivos anuales: estivales (soja, maíz, sorgo); y los cereales invernales (trigo, cebada), todos estos bajo siembra directa. Dichos establecimientos productivos poseen parcelas de superficies extensas, con escasas estructuras edilicias y poca presencia de alambrados. En algunos de estos se destaca la presencia de equipos de riego por aspersión de desplazamiento continuo (pívot de riego).

El uso agrícola-ganadero (AGa) se desarrolla en suelos de buen a regular potencial productivo. Hace referencia a áreas de producción bovina (tambo e invernada) que tienen como base a praderas de cultivos plurianuales (3 a 5 años de duración) de gramíneas (festuca, cebadilla, falaris, pasto ovillo) y leguminosas (alfalfa, trébol blanco y rojo). En los mismos se realizan rotaciones con cultivos anuales forrajeros, en muchas ocasiones destinados para reservas: estivales (maíz, sorgo, moha) e invernales (ryegrass, festuca). Sobre estos suelos se desarrollan labores convencionales (arado de discos, púas, cincel, rabasto, etc.) y siembra directa. Estos establecimientos productivos se encuentran divididos en parcelas de mediana superficie, poseen gran cantidad de estructuras edilicias, aguadas y se observa la presencia de reservas forrajeras (silo bolsas y rollos).

La ganadería (G) se lleva a cabo en las zonas deprimidas de cuenca, en áreas adyacentes a los cursos de agua, sobre suelos anegables, con drenaje pobre, de escaso potencial productivo agrícola. La vegetación base son los pastizales naturales, con algunas especies implantadas (agropiro, trébol blanco y *Lotus tenuis*, etc.) adaptadas a las condiciones de suelo anteriormente descriptas. Comprende la producción bovina, sobre todo la etapa de cría. Dichos establecimientos se caracterizan por tener parcelas de gran superficie, aguadas y presencia de reserva forrajeras (rollos).

El uso hortícola (H) comprende a explotaciones agrícolas intensivas (producción de verduras y frutas) que se localizan, generalmente, las cercanías de los núcleos urbanos. En estos establecimientos se observan parcelas de pequeña superficie, gran cantidad de estructuras edilicias; como característica distintiva se destaca la presencia de invernaderos.

Los montes (M) comprenden a las especies leñosas. Están asociadas a las cercanías de los cursos de agua (arroyos y cauce principal) y a las ciudades de baja densidad. También se observa la presencia de estas en los establecimientos agropecuarios, ya sea como cortina forestal o como monte para sombras de los animales.

Los cuerpos de agua (Ca) abarcan a los cursos de agua de la red hídrica superficial, es decir, al cauce principal de cuenca (río Luján) y sus afluentes (arroyos), así como también, a cuerpos de agua aislados (lagunas naturales y artificiales).

La escala utilizada para la digitalización de las coberturas en pantalla con herramientas digitales SIG fue de 1:2.000. Para dicha interpretación visual se emplearon distintas herramientas de digitalización vectorial avanzada del software QGIS 3.34 (QGIS.org, 2023) sobre las imágenes satelitales anteriormente mencionadas en la cuenca alta y media del río Luján y en sus respectivas unidades hidrológicas menores. También, se establecieron los usos y las coberturas de suelo dentro del área ribereña del río Luján. Para esta determinación se utilizó como base, una línea de inundación de 10 años de recurrencia determinada por el Comité de Cuencas del río Luján (COMILU). Con el fin de verificar las coberturas y uso de suelo de la interpretación visual de las imágenes satelitales se realizaron salidas a diferentes puntos de la cuenca del río Luján (fotografías cuadro N°1). En dichas visitas se tuvo en cuenta la topografía y las características del paisaje; cobertura de herbáceas y/o leñosas; uso de la superficie; aptitud agrícola y anegabilidad de suelo. Todas las salidas cartográficas generadas fueron georreferenciadas según el sistema WGS84 con proyección POSGAR 2007 – FAJA 5.

### *Validación de la clasificación*

Para evaluar la precisión en la determinación, se seleccionaron 500 puntos de control, los cuales se cotejaron con imágenes de alta resolución espacial (30-50 cm) provenientes de la constelación de satélites Airbus (Airbus, 2023), accesibles a través de Google Earth. El diseño para la generación de los puntos de muestreo se llevó a cabo de manera aleatoria estratificada mediante la utilización de la herramienta de puntos aleatorios por polígono disponible en el software QGIS 3.34 (QGIS.org, 2023).

Se confeccionó una matriz de confusión, una tabla cuadrada que revela las asociaciones entre las clases del producto bajo evaluación y las del producto de referencia, en donde en la diagonal principal de la matriz se registran los píxeles correctamente asignados, mientras que en los márgenes se reflejan los errores de asignación (Congalton & Green, 1993). La relación entre la cantidad de puntos correctamente asignados y el total proporciona una medida de la confiabilidad general del mapa (Chuvienco, 1996). Con base en la matriz de confusión, se determinó la precisión global y se calcularon las métricas del Índice Kappa. Este índice evalúa la discrepancia entre el acuerdo observado entre el mapa y la realidad y la determinación que podría esperarse al azar, por lo que este es utilizado como una medida para establecer la precisión de la clasificación (Moreno & Chuvienco, 2009). Además, se aplicaron medidas de fiabilidad específicas para cada categoría (sensibilidad, especificidad, precisión positiva, precisión negativa, prevalencia, tasa de detección, precisión balanceada). Estos procedimientos estadísticos fueron realizados utilizando el software Rstudio versión 2023.06.2 (RStudio Team, 2023).

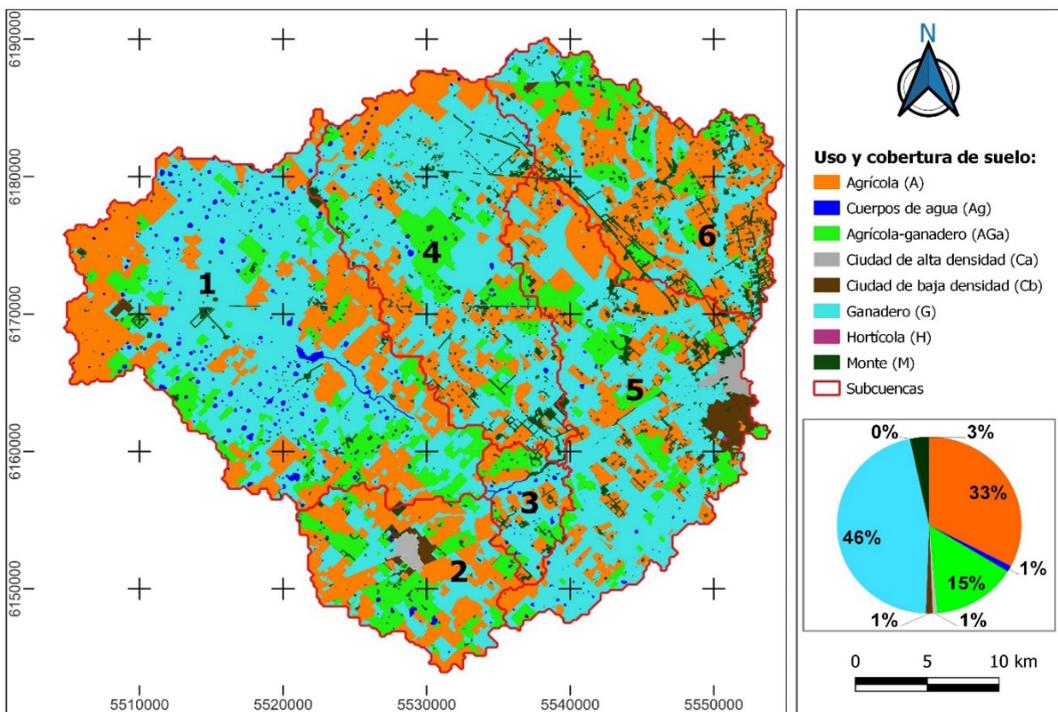
## Resultados

El uso ganadero (G) abarcó una superficie de 677,3 km<sup>2</sup> que representa un 46,1 % del área total de la cuenca alta (1470,6 km<sup>2</sup>); el agrícola (A) 480,3 km<sup>2</sup> (32,7 %); el agrícola-ganadero (AGa) 218,95 km<sup>2</sup> (14,9 %); los montes (M) 49,4 km<sup>2</sup> (3,4 %); ciudad de baja densidad (Cb) 17,5 km<sup>2</sup> (1,2 %); los cuerpos de agua (Ag) 51,7 km<sup>2</sup> (1,1 %); ciudad de alta densidad (Ca) 10,5 km<sup>2</sup> (0,7 %) y el uso hortícola 0,147 km<sup>2</sup> (0,01%) (Figura N°2).

La mayor parte de la cuenca media estuvo ocupada por el uso agrícola (A), que abarcó un 35,05 % de la misma con 264,42 km<sup>2</sup>, seguido por el uso ganadero con 216,92 km<sup>2</sup> (28,8 %) (Figura N°3). El uso agrícola-ganadero (AGa) ocupó 96,15 km<sup>2</sup> (12,8 %); los montes (M) abarcaron 86,38 km<sup>2</sup> (11,5 %); las ciudades de baja densidad (Cb) ocuparon 58,75 km<sup>2</sup> (7,8 %); las ciudades de alta densidad (Ca) comprendieron 25,39 km<sup>2</sup> (3,4 %), la horticultura (H) abarcó 3,89 km<sup>2</sup> (0,5 %); y los cuerpos de agua (Ag) ocuparon 2,45 km<sup>2</sup> (0,3 %).

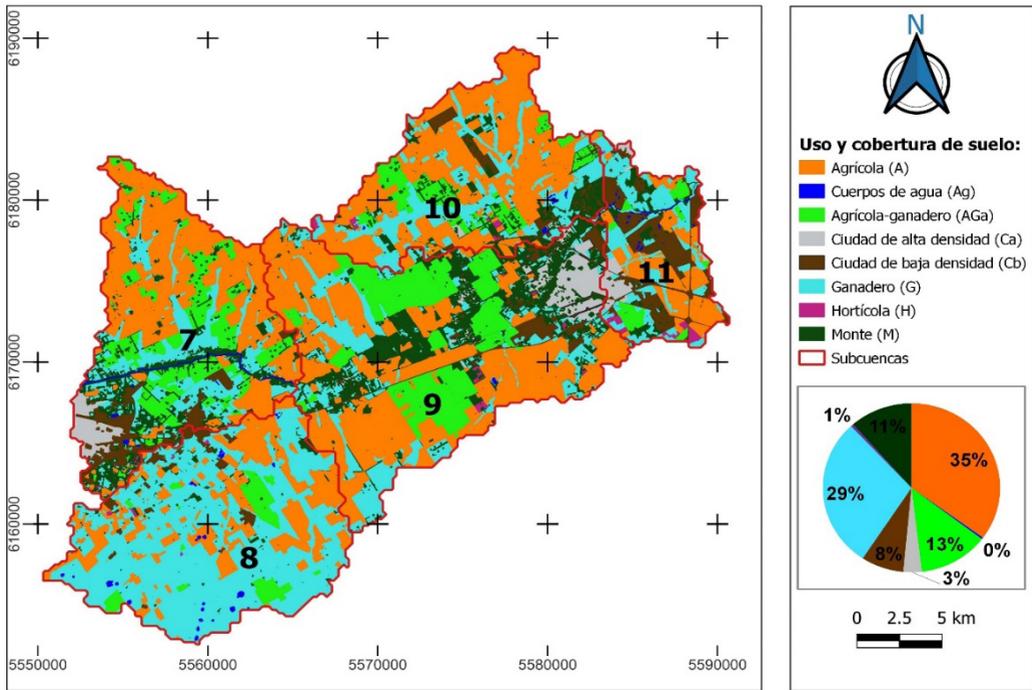
**Figura N°2**

Mapa de cobertura y uso de suelo de la cuenca alta



Fuente: elaboración propia

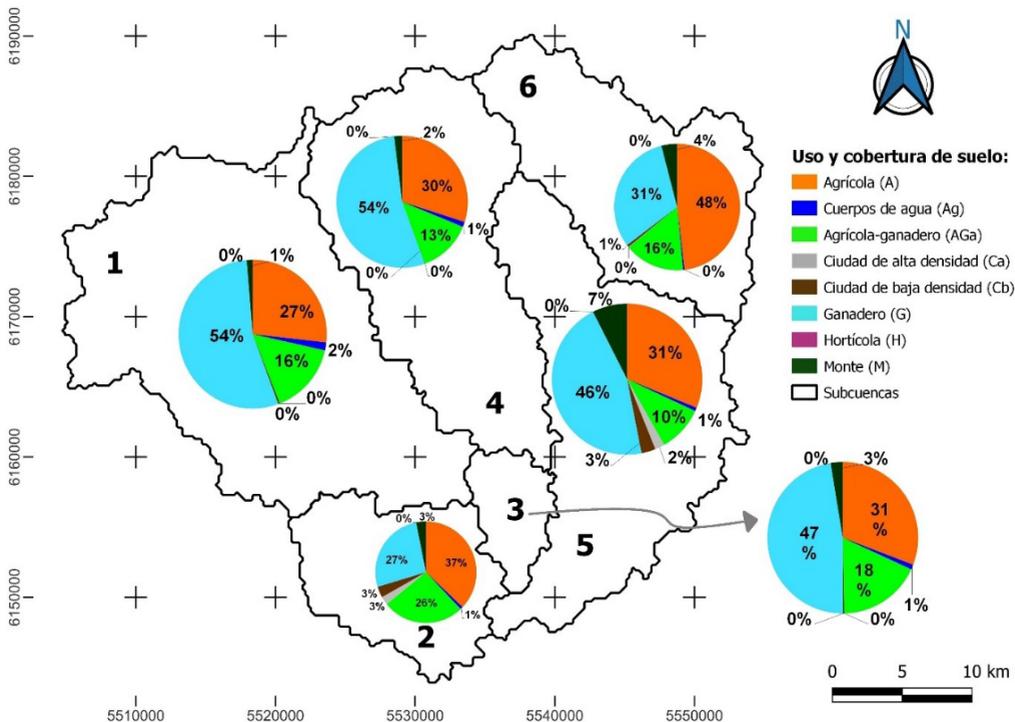
**Figura N°3**  
 Mapa de cobertura y uso de suelo de la cuenca media



Fuente: elaboración propia

En las subcuencas de la cuenca alta prevaleció la actividad agropecuaria (Figura 4). En todas éstas el uso que ocupó mayor proporción fue el ganadero (G), a excepción de la subcuenca 2, donde la mayor superficie fue abarcada por el uso agrícola (A). En las subcuencas 5 y 6 aumentó el área ocupada por urbanizaciones, en donde hubo un leve predominio de las de baja densidad sobre las de alta. También, en estas dos subcuencas se observó un aumento considerable de forestación leñosa, que se puede asociar al aumento de las urbanizaciones de baja densidad y a las zonas ribereñas del río Luján.

**Figura N°4**  
Usos y coberturas del suelo por subcuenca de la cuenca alta

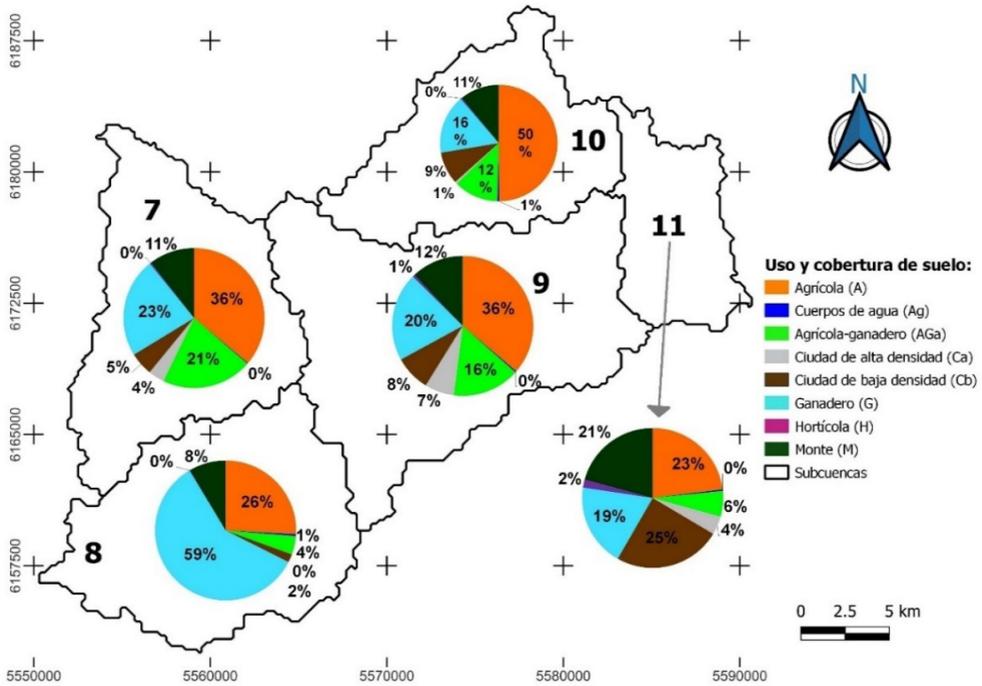


Fuente: elaboración propia

En las subcuencas de la cuenca media, también la actividad más influyente fue la agropecuaria, en todas éstas prevaleció el uso agrícola (A), a excepción de la subcuenca 8, donde hubo un predominio del uso ganadero (G) y con una escasa área urbanizada (Figura 5). En el resto de las subcuencas hubo un aumento considerable de urbanizaciones, donde prevalecieron las de baja densidad sobre las de alta densidad, especialmente en las subcuencas 10 y 11; en particular en esta última es el uso que mayor superficie ocupó. Asimismo, en todas las subcuencas la vegetación leñosa abarcó una superficie considerable, que se puede asociar a las grandes extensiones de urbanizaciones de baja densidad y a las riberas del río Luján. También, se destacó la presencia de explotaciones hortícolas en las cercanías de los núcleos urbanos.

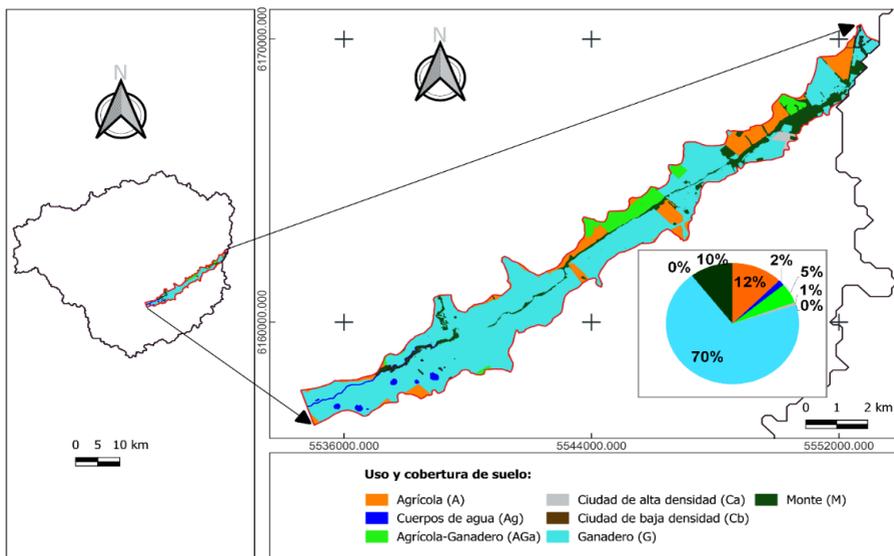
La ribera de la cuenca alta estuvo ocupada mayormente por el uso ganadero (G) debido a que este abarcó el 69,5 % de la superficie total de la misma (Figura 6). Luego, en mucha menor proporción, el uso agrícola ocupó el 12,4 %. Las especies leñosas (M) abarcaron el 10,4 % del área ribereña; el uso agrícola-ganadero (AGa) ocupó el 5 %; los cuerpos de agua (Ag) un 2 % de la ribera y las ciudades de alta densidad un 1 %. En este tramo no hubo urbanizaciones de baja densidad ni explotaciones hortícolas.

**Figura N°5**  
Usos y coberturas de suelo por subcuenca de la cuenca media



Fuente: elaboración propia

**Figura N°6**  
Uso y cobertura de suelo ribereña en la cuenca alta del río Luján

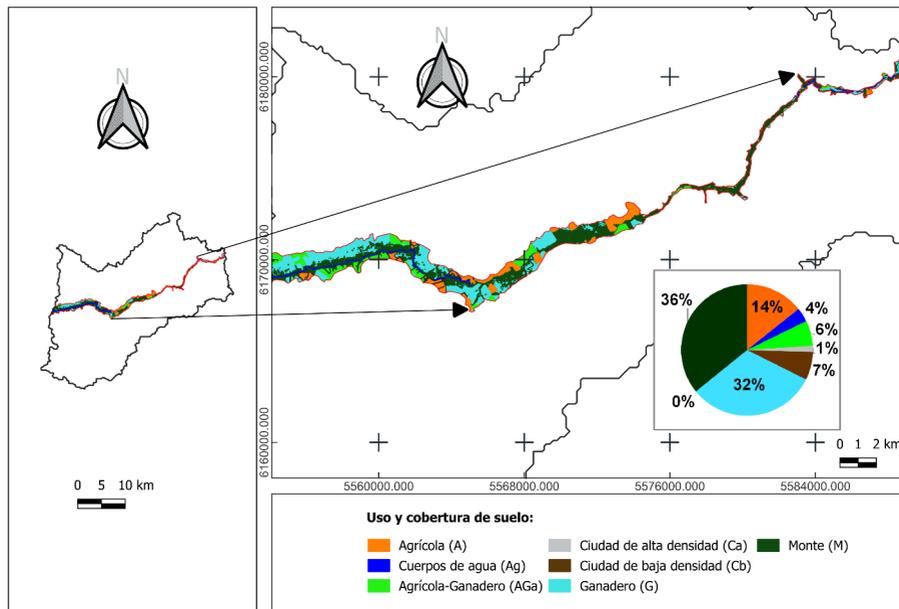


Fuente: elaboración propia

En la ribera de la cuenca media, las especies leñosas (M) predominaron, ya que ocuparon un 35,8 % de la superficie (Figura 7). Luego continuó el uso ganadero (G) que abarcó el 31,8 % de la superficie ribereña. La agricultura (A) se desarrolló en el 14,3 % de la superficie y los establecimientos agrícolas-ganaderos (AGa) abarcaron el 6,2 %. Las ciudades de baja densidad ocupan un 7,0 %, mientras que las de alta densidad un 1,5 %. Los cuerpos de agua abarcaron un 4 % de los suelos ribereños de la porción media de la cuenca. La horticultura no tuvo presencia en las riberas de la cuenca media.

**Figura N°7**

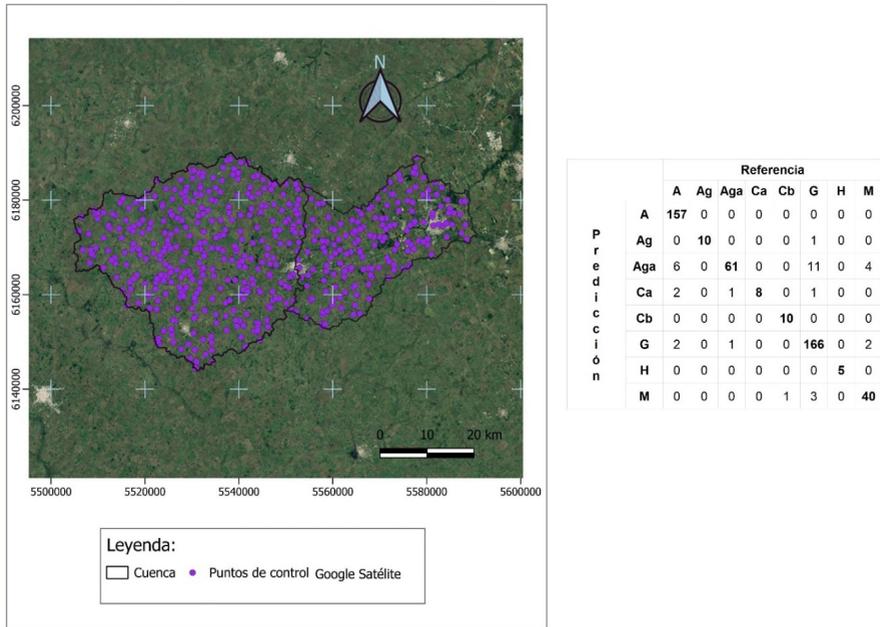
Uso y cobertura de suelo ribereña en la cuenca media del río Luján



Fuente: elaboración propia

La Figura N°8 ilustra la disposición aleatoria de los 500 puntos de control dentro de la cuenca media y alta del río Luján, acompañada por la matriz de confusión derivada de estos puntos. A partir de esta matriz, se calcularon los estadísticos globales, como se muestra en el Cuadro N°2, donde la precisión de la clasificación alcanzó el 92,89 % y el índice de Kappa fue de 90,28 %. Además, se obtuvieron medidas específicas de fiabilidad para cada clase, detalladas en el Cuadro N°3.

**Figura N°8**  
Puntos de control y matriz de confusión



Fuente: elaboración propia

**Cuadro N°2**  
Estadísticas globales

Precisión	92,89 %
Intervalo de confianza (95%)	90,25 %
Valor p	< 2,2 E-16
Indice Kappa	90,28 %

Fuente: elaboración propia

**Cuadro N°3**  
Estadísticas por clase

	CLASES							
	A	Ag	Aga	Ca	Cb	G	H	M
Sensibilidad (%)	93,41	100	85,71	100	90,91	83,52	100	84,78
Especificidad (%)	85,54	97,72	100	100	100	100	100	100
Precisión positiva (%)	75,18	47,62	100	100	100	100	100	100
Precisión negativa (%)	96,19	100	97,95	100	99,79	91,18	100	98,45
Prevalencia (%)	33,94	2,03	12,8	1,62	2,24	36,99	1,02	9,35
Tasa de detección (%)	31,71	2,03	10,98	1,62	2,03	30,89	1,02	7,93
Prevalencia de detección (%)	41,26	4,26	10,98	1,62	2,03	30,89	1,02	7,93
Precisión balanceada (%)	89,48	98,86	92,86	100	95,46	91,76	100	92,39

Fuente: elaboración propia

Toda la información geoespacial generada se encuentra disponible en un repositorio con código de libre acceso para todo aquel que lo requiera (<https://zenodo.org/records/8305446>).

## Discusión

La actividad predominante de la cuenca alta fue la agropecuaria ya que el 93,7 % de su superficie estuvo ocupada por los usos ganadero, agrícola y agrícola-ganadero, condiciéndose con los resultados obtenidos por Di Franco (2018) para el 2015 y Tenti Vuegen et al. (2023) para el 2019 en donde dicha actividad representó el 94,6 % y el 96,8 %, respectivamente, de la superficie de la cuenca alta. Dentro de las actividades agropecuarias, la ganadería fue la que ocupó mayor superficie (46 %), valor similar a la extensión que abarcaron los pastizales (42,8 %) en el trabajo de Tenti Vuegen et al. (2023); y tal como mencionó Guichón et al. (1999), dicha actividad estuvo muy relacionada a las zonas adyacentes a los cursos de agua, suelos con aptitud agrícola nula y alto riesgo de anegamiento e inundación. En relación a esto último, en la porción alta de la cuenca hubo una presencia considerable de cuerpos de agua. Pese a que la ganadería fue el principal uso en la cuenca alta, tanto Di Franco (2018) como Tenti Vuegen et al. (2023), observaron un avance de la agricultura sobre las superficies ganaderas.

La porción alta tuvo una escasa superficie urbanizada (1,9 %), con una leve preponderancia de las ciudades de baja densidad sobre las de alta densidad, que fue algo menor a la superficie ocupada por urbanizaciones que detectó Di Franco (2018) en el año 2015, la cual fue de 2,4 %. Esta discrepancia puede deberse a las diferencias en los puntos de cierre de la cuenca alta, ya que Di Franco (2018) cerró a la misma en la localidad de Jáuregui (partido de Luján) y en este trabajo se cerró en la ciudad de Mercedes. La cuenca alta tuvo una baja proporción áreas boscosas, coincidiendo con las investigaciones de Di Franco (2018) y Tenti Vuegen et al. (2023); y presentó una actividad hortícola ínfima.

Al igual que en la cuenca alta, en la media predominó la actividad agropecuaria extendiéndose en el 75,26 % de la superficie de esta, en donde, la agricultura fue la prevaleciente, ya que ocupó un 35 % de su superficie, coincidiendo con el trabajo de Di Franco (2018) para el año 2015. Dicho uso se encuentra asociado a suelos de alto potencial productivo, dado que el 60 % de los mismos tiene una aptitud agrícola favorable (Montes Galbán, 2022).

A diferencia de la cuenca alta, en la parte media, las urbanizaciones ocuparon una mayor superficie (11,2 %); con un predominio de las ciudades de baja densidad (7,8 %) sobre las de alta densidad (3,4 %). Esto, también fue observado por Di Franco (2018) en el año 2015, pero en su trabajo divisó un 25,6 % de superficie urbanizada de las cuales el 21,1 % fueron urbanizaciones dispersas (countries, casas quintas, club de campos, etc). Esta diferencia se puede deber a que dicho autor cerró la cuenca media aguas abajo de la ciudad de Pilar, por lo que dentro de esta superficie quedaron incluidas las urbanizaciones del partido homónimo, el cual, en las últimas décadas, tuvo un gran crecimiento en urbanizaciones polderizadas (Fernández et al., 2010; Humacata, 2019; Pintos, 2019; Humacata, 2020).

En la cuenca media hubo aumento considerable en la superficie ocupada por las especies leñosas (11 %), que se puede relacionar a que los montes están muy asociados a las áreas urbanas

de menor densidad como los countries, barrios cerrados y zonas recreativas, así como también, a las zonas ribereñas. Di Franco (2018) detectó una superficie bastante menor de leñosas (1,4 %), esta diferencia pudo haber estado dada porque el autor utilizó para la clasificación imágenes Landsat con un pixel de 30 m y en el presente trabajo se utilizaron imágenes de alta resolución con pixeles que varían entre 82 y 31 cm. También, en el tramo medio, en mucha menor proporción con respecto a los restantes usos, se observó la presencia de explotaciones hortícolas en las cercanías de los núcleos urbanos.

En las riberas de la cuenca alta hubo un gran predominio de la actividad ganadera (69,5 %), es decir de cobertura herbácea (pastizales), sobre la vegetación leñosa (10,4 %), condiciéndose con los resultados para toda cuenca alta. El 1 % de la superficie de la ribera correspondió a urbanizaciones de alta densidad pertenecientes a la ciudad de Mercedes, que se verían afectadas por inundaciones de 10 años de recurrencias.

En el área ribereña de la cuenca media hubo una preeminencia de la vegetación leñosa (35,8 %) sobre la herbácea (31,8 %), coincidiendo con Gantes & Sánchez Caro (2023) que afirmaron que las riberas tanto del cauce principal como la de los afluentes de la cuenca media se encuentran cubiertas por bosques de vegetación leñosa exótica, donde se destaca la presencia de acacia negra (Morello et al., 2003; Cappello & de la Peña, 2007; Giorgi et al., 2014; Fernández et al., 2017; Gantes et al., 2017; Riva et al., 2019). En la misma hubo una distinguida superficie ocupada por la actividad agrícola y agrícola-ganadera, la cual sería afectada por los desbordes del cauce principal de 10 años de recurrencia. También, dentro de esta ribera, se encontró una importante área cubierta por ciudades de baja densidad, asociadas a urbanizaciones polderizadas en la periferia a la ciudad de Luján, coincidiendo con las investigaciones de Fernández et al. (2010); Sisti (2018) Humacata (2019); Pintos (2019) y Humacata (2020). Con respecto a las urbanizaciones de alta densidad, las mismas ocuparon el 1,5 % de la zona ribereña, correspondientes a localidad de Olivera, el parque industrial Villa Flandria y la ciudad de Luján, lugares donde las inundaciones de diez años de recurrencia causarían graves impactos sociales y económicos. No se detectaron desmontes de leñosas en las zonas ribereñas durante los años 2021 y 2022, debido a que hubo un retraso de las obras hidráulicas planificadas por el Gobierno provincial y en el año 2021 los desmontes y perfilados fueron realizados en la parte baja de la cuenca, la cual no fue incluida en este trabajo.

Con respecto a la validación de la clasificación visual, la matriz de confusión arrojó excelentes resultados en términos de estadísticos globales, donde se evidencia una precisión de clasificación del 92,89%; con una alta confianza en la validez de la fidelidad reportada (90,25%); con una significancia estadística en la diferencia entre la precisión observada y la precisión aleatoria dado que el valor p fue muy bajo ( $< 2,2 \cdot 10^{-16}$ ). El índice de Kappa, con un valor de 90,28%, supera el umbral del 81%, establecido por Altman (1990) como un indicador de fuerte concordancia. Estos resultados de validación superaron a los obtenidos por Di Franco (2018) en la clasificación de uso y cobertura del suelo, que presentó una precisión global del 79,58% y un índice de Kappa de 85,16%. Además, las métricas estadísticas para cada una de las clases revelan un rendimiento muy adecuado en la tarea de clasificación, tanto para las clases mayoritarias (A, AGa, G, M), que tuvieron una destacada sensibilidad, especificidad y valores predictivos positivos, como para las clases minoritarias (Ag, Ca, Cb, H), que, a pesar de tener una prevalencia menor, muestran una sensibilidad elevada.

## Conclusiones

La presente investigación logra una completa caracterización de las coberturas y usos del suelo en la cuenca alta y media del río Luján, mediante el empleo de imágenes satelitales de alta resolución. Los objetivos generales y específicos se lograron de manera positiva, donde se proporciona una visión actualizada y detallada de la dinámica territorial en la región. Los resultados y la discusión ofrecen valiosas herramientas para la gestión ambiental.

En la cuenca alta, la actividad agropecuaria, principalmente la ganadería, sigue predominando, aunque se evidencia un aumento gradual de la agricultura sobre las áreas ganaderas, que se condice con investigaciones previas. La presencia de cuerpos de agua en dicha zona resalta la interrelación entre la actividad ganadera y las áreas ribereñas.

En la cuenca media la actividad agropecuaria persiste, con un marcado incremento en áreas urbanizadas, particularmente de las de baja densidad. Este fenómeno, junto con el incremento de la vegetación leñosa, sugiere cambios en la dinámica territorial relacionados con el crecimiento urbano y la expansión de áreas forestadas, así como también en las zonas ribereñas.

La validación de la clasificación robustece la confiabilidad de los resultados, en donde se destaca una precisión global del 92,89% y un índice de Kappa del 90,28%. A su vez, hubo un desempeño eficaz en la identificación de las clases, incluso de las minoritarias. Estas métricas indican una fuerte concordancia entre la clasificación obtenida y la realidad observada, donde se respalda la utilidad de las imágenes satelitales de alta resolución en este tipo de análisis territorial.

Los mapas de uso y cobertura de suelos obtenidos serán empleados en otras investigaciones en curso, por ejemplo, para la modelización geoespacial del escurrimiento a través del método de número de curva.

Estos hallazgos acentúan la necesidad de abordar de manera integral la gestión de la cuenca del río Luján, en donde se considere tanto las dinámicas agropecuarias como los cambios urbanos y ambientales. Se espera que la información generada sea una base sólida para la gestión municipal y provincial para la toma de decisiones consumada y sostenible, contribuyendo al diseño de estrategias de planificación territorial y conservación del ambiente.

### *Agradecimientos:*

Los autores desean expresar su sincero agradecimiento al Dr. Leonardo Di Franco por su valiosa colaboración durante la etapa de revisión. Asimismo, agradecemos a los evaluadores del artículo por sus constructivos comentarios y sugerencias, los cuales han sido fundamentales para mejorar la calidad del manuscrito.

### **Referencias bibliográficas:**

Airbus. (2023). Imagen satelital de la cuenca del río Luján [Imagen satelital]. Recuperado a partir de <https://earth.google.com/>. Consultada el 11 diciembre 2023.

Altman, D.G. (1990). *Practical Statistics for Medical Research* (1ra ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429258589>

Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G. & Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural*, 82(3), 361-374. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000300004>

Buzai, G. D. (2002). *Atlas digital de la cuenca del río Luján*. Editorial Universitaria.

Buzai, G. D., & Principi, N. (2017). Identification of areas of potential land-use conflict in the Luján River basin, Argentina. *Geographical Journal of Central America*, 3(59), 125-159. <https://doi.org/10.15359/rgac.3-59.5>

Calvi, C., Dapeña, C., Massone, H., & Martínez, D. (2018). Características morfométricas y morfodinámicas de una cuenca hidrográfica de llanura. *Revista De Geología Aplicada a La Ingeniería Y Al Ambiente*, 37, 29–36. Recuperado de <https://editores.asagai.org.ar/index.php/rgaia/article/view/115>

Cappello, P. & de la Peña. (2007). Propuesta de manejo de *G. triacanthos* en el río Luján. Informe de Gestión Ambiental 2007. Secretaria de Política Ambiental.

Castañé, P.M., Sánchez Caro A. & Salibián A. (2015). Water quality of the Luján river, a lowland watercourse near the metropolitan area of Buenos Aires (Argentina). *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 645-659. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4882-y>

Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (3ra Ed.). Ediciones Rialp, 1996.

Comité de Cuenca del Río Luján (COMILu). 13 de mayo de 2021). *Arrancaron las obras de adecuación del cauce del Río Luján*. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. [https://gba.gob.ar/comilu/noticias/arrancaron\\_las\\_obras\\_de\\_adecuaci%C3%B3n\\_del\\_cauce\\_del\\_r%C3%ADo\\_luj%C3%A1n](https://gba.gob.ar/comilu/noticias/arrancaron_las_obras_de_adecuaci%C3%B3n_del_cauce_del_r%C3%ADo_luj%C3%A1n)

Comité de Cuenca del Río Luján (COMILu). (s.f.). *Adecuación del Cauce del Río Luján*. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Recuperado el 7 de diciembre de 2023 de [https://gba.gob.ar/comilu/estado\\_obras/adecuaci%C3%B3n\\_del\\_cauce\\_del\\_r%C3%ADo\\_luj%C3%A1n](https://gba.gob.ar/comilu/estado_obras/adecuaci%C3%B3n_del_cauce_del_r%C3%ADo_luj%C3%A1n)

Congalton, R. & Green, K. (1993). A practical look at the sources of confusion in error matrix generation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59(5), 641-644. Recuperado de [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1993journal/may/1993\\_may\\_641-644.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1993journal/may/1993_may_641-644.pdf)

Di Franco, L. (2018). *Manejo integral de la cuenca hidrográfica del Río Luján basado en Geomática*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Luján]. <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediuunlu/976>

Fernández, S., Kochanowsky, C., & Sgroi, A. (2010). Urbanizaciones cerradas polderizadas en la cuenca baja del río Luján: Aproximaciones al dimensionamiento del fenómeno. *Geograficando*, 6(6), 165–182. Recuperado de Ceballos, S. J., Malizia, A., & Aragón, R. (2017). *Gleditsia triacanthos*

(Fabaceae) in Argentina: A review of its invasion. *Australian Journal of Botany*, 65(3), 203–213. <https://doi.org/10.1071/BT16147>

Gantes, P., Falco, L., & Sánchez Caro, A. (2017). Diversidad de la vegetación y características morfoedáficas de las riberas de arroyos pampeanos. *Ecología Austral*, 27(1), 85–93. <https://doi.org/10.25260/EA.17.27.1.0.308>

Gantes, P., & Sánchez Caro, A. (2023). Desmonte de riberas: cambios en la diversidad del estrato herbáceo en un río pampeano. *Acta Biológica Colombiana*, 28(3), 438–448. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n3.98405>

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas* (1ra ed.). Editorial de la Universidad de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27877>

Gaspari, F. J., Rodríguez, A. M., & Montealegre Medina, A. F. (2019). *Manejo de cuencas hidrográficas. Herramientas de sistemas*. Editorial de la Universidad de La Plata. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/1290>

Ghersa, C. M., De la Fuente, E., Suarez, S., & Leon, R. J. C. (2002). Woody species invasion in the rolling pampa grasslands, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88(3), 271–278. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00209-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00209-2)

Giorgi, A. D., Vilches, C., Rodríguez Castro, M. C., Zunino, E., Debandi, J., Kravetz, S., & Torremorell, A. (2014). Honey Locust (*Gleditsia triacanthos* L. (Fabaceae)) Invasion Effect on Temperature, Light and Metabolism of Pampean Stream. *Acta Biológica Colombiana*, 19(1), 113. <https://doi.org/10.15446/abc.v19n1.38384>

Goldberg, S., Cirera, I., Parella, M., Benitez, A., Bulos, L. & Troncoso, A. (1995). Caracterización climática y agroclimática de la cuenca del Río Luján. *Anales de I Jornadas sobre la Cuenca del Río Luján*, 1, 13-19.

Guichón, M., Angelini, B., Benítez, A., Serafini, M., & Cassini, M. (1999). Caracterización ambiental de la cuenca del río Luján (Argentina) aplicando dos metodologías de procesamiento de información satelitaria. *Revista de Teledetección*, 11, 1–7. Recuperado de [https://www.aet.org.es/revistas/revista11/AET11\\_1.pdf](https://www.aet.org.es/revistas/revista11/AET11_1.pdf)

Hass, C. A. (1995). Inundaciones en áreas urbanas e impacto social. El caso de la ciudad de Luján, Buenos Aires, Argentina. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 15(1), 393-399. Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC9595220393A/31563>

Humacata, L. (2019). Urbanizaciones cerradas. En: Buzai, G. D. & Lanzelotti (Eds.). *Atlas de Geografía Humana de la cuenca del río Luján* (pp. 142-143). Instituto de Investigaciones Geográficas (INIGEO).

Humacata, L., Cantarelo, C., & Vilella, S. (2020). Cartografía de áreas urbanas de la cuenca del río Luján (1990-2010). *Posición. Revista Del Instituto De Investigaciones Geográficas*, (3), 1-16. Recuperado de <https://posicion-inigeo.unlu.edu.ar/posicion/article/view/145>

Humacata, L. (2022). Análisis espacio-temporal de cambios de coberturas y usos del suelo en la cuenca del río Luján (1990-2010). *Huellas*, 26(1), 145-160. Recuperado de <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas/article/view/6508> Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA). (s.f.). *Geoservicios [Dataset]*. [https://www.idera.gob.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=335:geoservicios&catid=33:services&Itemid=302](https://www.idera.gob.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=335:geoservicios&catid=33:services&Itemid=302)

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2012) *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010: Censo del Bicentenario* (1ra ed.). INDEC.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (1986). *Aptitud y uso actual de las tierras argentinas (Proyecto PNUD Argentina 85/019, Área Edafología)*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Maxar Technologies Inc. Constellation. (2022). Imagen satelital de la cuenca del río Luján [Imagen satelital]. Recuperada a partir de <https://earth.google.com/>. Consultada el 3 octubre 2022.

Mintegui Aguirre, J. A. & López Unzu. *La ordenación agrohidrológica en la planificación* (1ra ed.). Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco.

Montes Galbán, E. (2022). Zonificación del uso potencial agrícola en la cuenca media del río Luján, Argentina. *Geográfica Digital*, 19(38), 65-80. <https://doi.org/10.30972/geo.19386204>

Morello, J., Matteucci, S. D., & Rodríguez, A. (2003). Sustainable Development and Urban Growth in the Argentine Pampas Region. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 590(1), 116-130. <https://doi.org/10.1177/0002716203256901>

Moreno, M. V., & Chuvieco, E. (2009). Validación de productos globales de cobertura del suelo en la España Peninsular Validation of global land cover products for the Spanish Peninsular area. *Revista de Teledetección*, 31, 5-22. Recuperado de [https://www.aet.org.es/revistas/revista31/Numero31\\_1.pdf](https://www.aet.org.es/revistas/revista31/Numero31_1.pdf)

Pintos, P (2019). Extractivismo inmobiliario y vulneración de bienes comunes en la cuenca baja del río Luján. En: A. Vásquez Duplat (Eds.). *Extractivismo urbano: Debates para una construcción colectiva de las ciudades* (pp. 23-39). El Colectivo. Recuperado de <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.5127/pm.5127.pdf>

QGIS.ORG. (2023). QGIS 3.34 [Software]. QGIS Association. [https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user\\_manual/](https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/)

Reyna, J., Spalletti, P., & Brea, J. D. (2007). *Diagnóstico del funcionamiento hidrológico-hidráulico de la cuenca del río Luján – provincia de Buenos Aires, Argentina*. Instituto Nacional de Agua (INA). <https://repositorio.ina.gob.ar/items/9380f9f5-b81e-4df8-b2fe-2f2df663ccf1>

Riva, P.; Gantes, P.; Sánchez Caro, A.; García, R.; de Uribelarrea, J. & Cortes, L. (2019). Trayectoria del ensamble de especies leñosas de la ribera del río Luján a cinco años de su desmonte. En A. Cortelezzi, I. Entraigas, M. F. Grosman, & I. Masson (Eds.), *Encuentro de saberes para la gestión responsable de ecosistemas acuáticos pampeanos*, (pp. 228–230) Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Riva, P., Sánchez Caro, A., & Gaspari, F. J. (2021). Caracterización morfométrica de la cuenca del río Luján, Buenos Aires, Argentina. *GeoSIG*, 13(21), 1–20. Recuperado de <https://digital.cic.gba.gob.ar/items/c35b7718-6c0c-417b-b2b9-5a87fcc70b7e>

RStudio Team. (2023). *RStudio 2023.06.2* [Software]. RStudio, Inc. <http://www.rstudio.org>

Sánchez Caro, A. 2010. Calidad del agua del río Luján. En C. Carballo (ed.), *Información ambiental de la cuenca del río Luján*, (pp. 123-131). Prometeo Libros.

Silva Busso, A. 2010. Geología, hidrología e hidrogeología en la cuenca del río Luján. En C. Carballo (ed.), *Información ambiental de la cuenca del río Luján*, (pp. 97-122). Prometeo Libros.

Sisti, J., Feo, F. D., Hernández, E., & Villamayor, V. J. (2018). Trabajo Final de carrera Agrimensura: Análisis de los Cambios en la Cuenca Media y Baja del Río Luján. En *III Encuentro Nacional de Investigadores de Agrimensura*, Catamarca, Argentina. ENIA. Disponible en [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/68985/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/68985/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tenti Vuegen, L., Montes Galbán, E., Bonvecchi, V. E., Trabichet, F., & Wagner, M. V. (2023). Agricultura en la cuenca alta del río Luján. *Posición. Revista Del Instituto De Investigaciones Geográficas*, (9), 1–20. Recuperado de <https://posicion-inigeo.unlu.edu.ar/posicion/article/view/165>

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

