

Dominio Público Hídrico: metodología para su delimitación, base para su gobernanza

Alicia Roxana Blancoⁱ
Universidad Nacional del Nordeste
agrim.blancoalicia@gmail.com

María Mercedes Salviaⁱⁱ
Universidad de Buenos Aires / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
msalvia@iafe.uba.ar

RECIBIDO 3-02-2024

ACEPTADO 18-03-2024

Cita sugerida: Blanco, A. R. y Salvia, M. M. (2024). Dominio Público Hídrico: metodología para su delimitación, base para su gobernanza. Revista *Huellas*, Volumen 28, N° 1, Instituto de Geografía, EdUNLPam: Santa Rosa. Recuperado a partir de: <http://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas>

DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/huellas-2024-2808>

Resumen

La línea de ribera es el límite que separa el dominio público hídrico de los bienes de los particulares, el criterio para su determinación es instituido por ley, tanto en Argentina como en otros países del mundo. Pero su análisis práctico sigue siendo materia de discusión actual. En este trabajo, se propone una interpretación geomorfológica del criterio establecido, y una metodología para su delimitación. Para ello, se analizaron distintas legislaciones internacionales, nacionales, provinciales y trabajos realizados sobre línea de ribera que permitieron establecer un criterio ajustado a la forma natural del cauce y delimitar cartográficamente la línea de ribera utilizando productos de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTS). De delimitarse la línea de ribera en base a los hechos naturales su marca indubitable en el terreno será cercana a lo que realmente le pertenece al dominio público hídrico.

Palabras clave: Criterio geomorfológico; Delimitación cartográfica; Productos VANTS; Línea de ribera; Componentes del río

Public Water Domain: methodology for its delimitation, basis for its governance

Abstract

The shore line is the limit that separates the public water domain from the property of individuals, the criterion for its delimitation is stated by law, both in Argentina and in other countries of the world. But its practical analysis remains a matter of current discussion. In this paper, a geomorphological interpretation of the established criterion is proposed as well as a methodology for its delimitation. To achieve this, different international, national, provincial and papers on shore line works were analyzed, which allowed to establish a criterion adjusted to the natural form of the channel and to cartographically define the shore line by using products of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). If the waterfront is delimited on the basis of natural facts, its indubitable mark on the ground will be close to what actually belongs to the public water domain.

Keywords: Geomorphological criteria; Cartographic delimitation; UAV products; Riverline; Components of the river

Domínio Público Hídrico: metodologia para sua delimitação, base para sua governança

Resumo

A orla marítima é o limite que separa o domínio público hídrico dos bens dos particulares; o critério para sua determinação é estabelecido por lei, tanto na Argentina como em outros países do mundo. Mas a sua análise prática continua sendo uma questão de discussão atual. Neste trabalho é proposta uma interpretação geomorfológica do critério estabelecido e uma metodologia para sua delimitação. Para tal, foram analisadas diferentes legislações internacionais, nacionais e provinciais e obras realizadas na linha bancária, que permitiram estabelecer um critério ajustado à forma natural do canal e delimitar cartograficamente a linha bancária utilizando produtos de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). Se a linha de costa for delimitada com base em fatos naturais, a sua marca indubitável, no terreno, será próxima do que realmente pertence ao domínio público hídrico.

Palavras-chave: Critério geomorfológico; Delimitação cartográfica; Produtos VANTS, Linha de margem; Componentes fluviais

Introducción

En Argentina, en función de la facultad establecida por el Art. N° 124 de la Constitución Nacional, corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio. En este sentido, la línea de ribera es la línea separativa entre el Dominio Público Hídrico (ríos, lagos, etc.) y el Dominio de los particulares. Asimismo, su delimitación corresponde a la administración pública según el artículo N° 2267 Código Civil y Comercial (en adelante CCyC), segundo párrafo. Sin embargo, esta no siempre la determina aun cuando les corresponde hacerlo por diferentes causas. Como consecuencia de esto, en los catastros territoriales se aprueban planos de mensura de parcelas ribereñas que incorporan



aclaraciones para señalar que el límite de la propiedad con el cauce del río se ha fijado en forma “provisoria” y al solo efecto de la continuidad del trámite, siendo el límite definitivo el que resulte de la oportuna determinación de la línea de ribera por la administración pública. Esta falta de determinación definitiva, dificulta una administración eficiente de datos por parte de los catastros concernientes a objetos territoriales legales de derecho público y privado (Herrera y Bevacqua, 2009). Esto se debe a que la línea de ribera al ser un límite, es un elemento esencial de las parcelas por lo que necesariamente debe ser determinado según lo establece la Ley Nacional de Catastro N° 26209.

En cuanto al criterio para su determinación, lo establece el Código Civil Argentino. El Código Civil, Ley 340 que perdió vigencia en el año 2015, daba el criterio para su determinación como “las más altas aguas en su estado normal” (art. 2577). Luego, con la reforma de 1968, se introduce “las crecidas medias ordinarias” (art. 2340 inciso 4), existiendo una contradicción entre estos dos artículos, ya que la línea de ribera queda planteada entre la línea determinada por las “crecidas medias ordinarias” y las “más altas aguas en su estado normal” (*plenissimum flumen*).

Como señala Cano (1988) en su Informe Final, la contradicción conceptual entre ambas disposiciones ha sido interpretada en forma mayoritaria por la doctrina, sosteniendo la prevalencia del artículo 2577, por sobre el 2340, inc. 4°. Actualmente, con la sanción del CCyC, ley N° 26994/14, el criterio para la determinación de la línea de ribera, lo fija en su Art. N° 235: “Se entiende por ríos el agua, las playas, y el lecho por donde corre, delimitado por la línea de ribera que fija el promedio de las máximas crecidas ordinarias”, como así también lo define en su articulado N° 1960. Sin embargo, a pesar de unificarse el criterio, sigue siendo controversial debido a que es un concepto hidráulico, base para un concepto jurídico (Del Campo, 2015).

Por otra parte, el método para determinar la línea de ribera corresponde a las provincias a través de sus Códigos de aguas y leyes complementarias. A lo largo de la historia, se ha perseguido el propósito de su determinación a partir de distintos métodos basados en estudios hidrológicos, geomorfológicos, hidráulicos de modelación matemática computacionales (ej: HEC-RAS) (Gloria, 2006). Pero actualmente, sigue siendo materia de discusión porque los métodos propuestos se basan en fuentes de información muchas veces no disponibles, de difícil acceso o insuficiente, como ser la falta de existencia de escalas hidrométricas, y, además, su determinación depende en general de la complejidad del territorio físico que presenta cada jurisdicción. Sumado a esto, la definición natural del dominio público, obliga a ajustar la línea de ribera a leyes naturales que muchas veces producen modificaciones en su configuración y límites producto de su dinámica. Precisamente esas variaciones van a determinar que la fijación de la línea de ribera

no tiene una forma definitiva, sino que puede llegar a modificarse como consecuencia de la dinámica de los recursos hídricos.

En razón de lo expuesto, este trabajo de investigación tiene como objetivosⁱⁱⁱ: 1) definir una interpretación geomorfológica del criterio de línea de ribera dada por el CCyC; 2) obtener el valor de cota de línea de ribera según el criterio establecido por Ley, que corresponde al promedio de las máximas crecidas ordinarias; y 3) la delimitación cartográfica de la línea de ribera utilizando productos fotogramétricos de alta resolución generados con VANT, información secundaria obtenida de la zona y en base a los dos criterios, a fin de comparar los resultados.

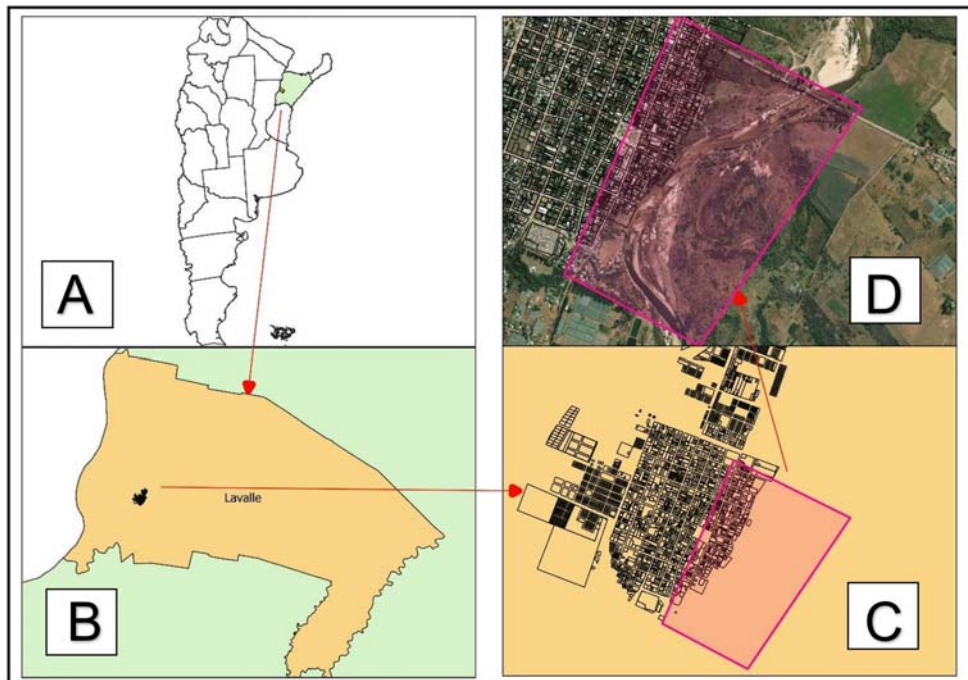
La hipótesis planteada en primer lugar, consiste en que el nuevo criterio establecido por Ley para la delimitación de la línea de ribera, es un criterio hidráulico y en su aplicación práctica, arroja una representación y caracterización abstracta de lo que es el curso fluvial, donde las dinámicas de los sistemas fluviales no son representadas, tampoco considerada su geomorfología y pendiente. Por último, el criterio con interpretación geomorfológica para delimitar la línea de ribera en función de los elementos constitutivos del curso de agua, junto a los productos fotogramétricos de alta resolución, va a permitir una delimitación cartográfica de fácil acceso en ríos donde no se cuentan con datos hidrométricos favoreciendo la determinación de la línea de ribera de una forma más eficiente, respetando la forma real y natural de los cursos fluviales y así determinar el estado parcelario de los inmuebles colindantes a cursos de agua, cuando la cota de línea de ribera no ha sido relevada por la autoridad competente por falta de datos hidrológicos.

En segundo lugar, la aplicación exitosa de los productos fotogramétricos obtenidos por tecnología VANT, los cuales han demostrado en anteriores trabajos su confiabilidad, posee precisiones centimétricas y permite planos de mayor información de la topografía observada con valores fidedignos (Cruz Toribio et al., 2018). Existen trabajos con aplicaciones de esta tecnología con resultados exitosos relativos a estudios sobre vegetación (Tay et al., 2018), agricultura de precisión (Kharuf Gutierrez et al., 2018), vías urbanas (Cruz Toribio et al., 2018), monitoreo de la erosión del suelo (d'Oleire Oltmanns et al., 2012), determinación de la calidad del agua (Koparan et al., 2018), variaciones del cauce (Mi ijevský y Langhammer, 2015), efectos geomorfológicos de las inundaciones (Langhammer y Vacková, 2018; Da Silva Alexandre et al., 2021), delimitación y cuantificación de zonas de inundación (Buffon et al., 2017), entre otros.

Zona de estudio

La zona de estudio corresponde a un fragmento del río Santa Lucía, subcuenca del río Paraná en la provincia de Corrientes, localizada geográficamente entre los 28° 59'14" y 28° 59'57" de latitud Sur y los 59°5'20" y 59°6'1" de longitud Oeste (Figura N° 1).

Figura N° 1. Zona de estudio. a) Ubicación dentro de la república argentina y la provincia de Corrientes. b) Ubicación dentro del departamento de Lavalle. c) Ubicación dentro de la Ciudad de Santa Lucia. d) Superposición con una imagen satelital.



Fuente: elaboración propia en base a capas shp del IGN e imágenes Google Earth.

Obtención de datos fotogramétricos

Para este trabajo se utilizó un drón de la marca DJI modelo Phantom 4, cuadricóptero, que cuenta con cámara RGB FC330_3.6_4000x3000, de 16 mpx integrada. Las dimensiones del Sensor son 6,317 [mm] x 4,738 [mm] y el tamaño de la imagen 4000x3000 píxeles. Montada sobre un sistema de giroscopio de estabilización que permite mantener la imagen estable independientemente de los movimientos propios del vuelo y las influencias del viento (Gutiérrez Lazares y Cruz Toribio, 2018).

Se programó el plan de vuelo, a una altura de 120 metros con distancia focal de 3,61 mm, para garantizar una resolución horizontal mayor a 5 mm por pixel. Asimismo, se consideró una superposición del 60% lateral (Dall'Asta et al., 2017) y 65% longitudinal (Reshetyuk y Martensson, 2016), para obtener mayor número de puntos homólogos, una mejor correlación de los mismos y lograr una alta precisión planimétrica (Mora Felix et al., 2020). Previamente a la ejecución del

vuelo, se colocaron 13 puntos de control de tierra (en adelante GCP). En la zona sin edificación se utilizaron láminas de pvc de tamaño 50 cm x 50 cm, y en la zona urbana, se utilizaron vértices coincidentes con las edificaciones como vértices de veredas, aceras, etc. Luego se obtuvieron las coordenadas de los GCP, para la localización de cada punto, se realizaron monografías. El procesamiento fotogramétrico de las imágenes se realizó en gabinete mediante el software Agisoft Metashape profesional. Para ello, se ingresaron las imágenes obtenidas en el vuelo, se calibró la cámara de forma automática, basado en los datos EXIF de las fotografías (Fraser, 2013; Da Silva et al., 2021). La calibración de la cámara es un requisito fundamental para la reconstrucción métrica de imágenes en fotogrametría (Mora Felix et al., 2020). Luego, se verificó que no exista la presencia de alguna fotografía descuadrada o mal capturada a través de la estimación de la calidad de las imágenes, agilizando así los procesos mediante el descarte de fotos mal tomadas. Seguidamente, se orientaron las fotografías, lo que consiste en alinearlas desde los puntos de empate (puntos homólogos) entre ellas identificadas por triangulación, creando una nube de puntos dispersa, para su posterior corrección a través de los puntos de control. Debido a que la precisión obtenida con el GPS del vuelo es de ± 10 m y las alturas son elipsoidales, se realizó el proceso de georreferenciación.

Este proceso consistió en colocar correctamente las ubicaciones de los 13 marcadores identificables en las imágenes. Para ello se importaron las coordenadas y cotas correspondientes en un archivo txt, se definió el Sistema de Referencia y se optimizó la orientación de las cámaras. Como productos finales se obtuvo un modelo digital de terreno (MDT), a través de una clasificación de la nube de puntos densa, preservando sólo la superficie del suelo excluyendo los elementos emergentes respecto a éste (Soto Márquez, 2016), se eliminaron horizontes de vegetación más altos, edificios y también otros objetos no errantes, para obtener la tierra desnuda (Polat y Uysal, 2017). Luego, se obtuvo un ortomosaico, por ortorectificación de las imágenes originales. Una vez creados todos los productos fotogramétricos, se procedió a la exportación en formatos TIFF/GeoTIFF. Por último, se evaluó la exactitud del MDT con el error cuadrático medio (RMSE) (Mora Felix et al., 2020). La RMSE mide la diferencia entre los valores predichos por el MDT y los valores observados (puntos GNSS).

Confeción de base de datos geográfica, obtención cota de línea de ribera, definición del criterio geomorfológico y delimitación cartográfica de la línea de ribera

Base de datos geográfica

Para delimitar cartográficamente la línea de ribera se confeccionó una base de información geográfica en entorno SIG que buscó representar el funcionamiento actual del sistema fluvial, principalmente con los productos fotogramétricos

generados y antecedentes tales como informes y publicaciones técnicas y científicas, registros de alturas hidrométricas, mapas de inundación y reconocimientos in situ de la zona de estudio.

Obtención cota de línea de ribera

Luego se obtuvo el valor de cota según el criterio hidráulico establecido en el artículo N° 235 del Código Civil y Comercial que corresponde al “promedio de las más altas aguas en su estado normal”. Para ello, se utilizó el procedimiento prescrito en la legislación española, 2do. Párrafo del Art. 4, Capítulo II, Título I del Reglamento del Dominio público Hídrico, Real Decreto N° 849/1986, el cual utiliza una serie de datos de un periodo de diez años o más, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente. Esto significa que se excluirá del cómputo, precisamente, las “crecidas extraordinarias”.

Definición del criterio geomorfológico

Para la definición del criterio geomorfológico se basó en una interpretación conceptual técnica jurídica de los elementos del río (agua, sus playas y sus lechos) dada por el artículo N° 235 del Código Civil y Comercial de la Nación. Para ello, se desglosó la definición de río dada por este código: “Se entiende por ríos el agua, las playas, y el lecho por donde corre, delimitado por la línea de ribera que fija el “promedio de las máximas crecidas ordinarias”, como así también se clarificó la definición de playa y lecho adoptada, debido a que el primero, es una incorporación novedosa y el último presenta significados parcialmente diferentes según las ciencias que abordan el tema. Debido a la naturaleza jurídica de la línea de ribera se tomaron como base, principalmente trabajos de juristas, legislaciones internacionales nacionales, provinciales y trabajos sobre línea de ribera realizados con anterioridad.

Delimitación cartográfica de la línea de ribera

Por último, se procedió a la delimitación cartográfica de la línea de ribera utilizando el criterio hidráulico, para ello, una vez obtenido el valor de cota se seleccionó la curva de nivel producto del MDT, con valor correspondiente a dicha cota, utilizando la herramienta extracción por atributo del software QGIS. Por otra parte, se trazaron 34 perfiles transversales en la zona de estudio para delimitar el cauce con el criterio geomorfológico, se realizó cada perfil con una distancia de 50 metros y en los cuales pudo observarse la variedad de geoformas del tramo analizado, en cada uno de los perfiles se analizaron: 1) los productos fotogramétricos; 2) información geográfica disponible; 3) criterio geomorfológico anteriormente definido y se definieron los hitos para cada perfil y en cada margen del río, utilizando la herramienta archivo shape de ESRI (shp) con el tipo de geometría “punto”. Luego, la unión consecutiva de dichos puntos, que representan

el límite del cauce, utilizando la misma herramienta, pero con geometría “polígono” se delimitó la línea de ribera.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Zona de estudio y área de vuelo

La realización del vuelo fue el 26 de septiembre del año 2019, la altura de vuelo fue de 120 m, el área cubierta fue de 188.314 ha, la distancia de muestra del suelo (GSD, por sus siglas en inglés) alcanzada fue de 4.53 cm / pix. Se obtuvieron un total de 809 imágenes RGB, con una superposición del 60% lateral y 65% frontal.

Obtención de datos fotogramétricos

Para el proyecto se tomaron 13 puntos de control terrestre. Sin embargo, de 5 a 10 GCP son suficientes, un mayor número de GCP no incrementa la precisión, si influye en una reconstrucción más precisa en áreas de topografía compleja (Mamani Gutiérrez, 2019), pero no es el caso, debido a que el trabajo se desarrolla en una zona de llanura. Las coordenadas obtenidas para cada GCP fueron planialtimétricas.

Del levantamiento fotogramétrico se obtuvieron 809 fotografías aéreas, con una resolución espacial de 4.53 mm por pixel. Las imágenes con un valor de calidad inferior a 0,5 unidades, pueden influir en los resultados de alineación. Para este trabajo, no se descartó ninguna imagen del vuelo realizado, debido a que la de menor calidad tiene un valor de 0,73. Se obtuvo un MDT con una resolución de 9,06 cm por pixel. Luego un ortomosaico, donde el tamaño del pixel del suelo (GSD) fue de 4.53 cm/pixel, coincidiendo con Kharuf Gutierrez et al. (2018) que obtuvieron la misma resolución a la misma altura. Los puntos tienen precisión igual a dos o tres veces la resolución espacial que presenta el ortomosaico (Mamani Gutiérrez, 2019). Para la evaluación de la exactitud del MDT, las coordenadas reales (x, y, z) se obtuvieron con equipos GPS, estos puntos tomados sobre el terreno, fueron comparados con los obtenidos del modelo digital. Con las diferencias observadas, pudo calcularse el RMSE planimétrico y altimétrico del MDT generado. El error Planimétrico (RMSE_x) fue de 0.11 cm y el altimétrico (RMSE_z) fue de 0.19 cm.

Confección de base de datos geográfica y delimitación cartográfica de la línea de ribera

Base de datos geográfica

Se confeccionó una base de datos geográfica con información secundaria a partir de documentos existentes en formatos analógicos y digitales: cartas topográficas del IGN en escala 1:100.000; registros gráficos catastrales urbanos y rurales en formato SHP; modelos digitales de elevaciones; puntos

georreferenciados de distintos sectores de la zona de estudio; mapa de recursos hídricos superficiales de la provincia de Corrientes elaborado por la subsecretaría de recursos hídricos de la Nación; mapa fitogeográfico de la provincia de Corrientes de Carnevali (1994) y mapas de uso de suelo del INTA.

Obtención cota de línea de ribera

El resultado de promediar las medias anuales de las crecidas máximas ordinarias fue de 38,25 m, en el periodo entre 2010 y 2020 (tabla N° 1), valor de cota que corresponde, según el criterio adoptado, a la línea de ribera.

Tabla N° 1. Promedios de las máximas crecidas ordinarias anuales para el período de estudio

Período	Promedio máximas crecidas ordinarias anuales
2010-2011	37,78 m
2011-2012	37,70 m
2012-2013	38,77 m
2013-2014	38,31 m
2014-2015	38,35 m
2015-2016	38,97 m
2016-2017	38,24 m
2017-2018	37,79 m
2018-2019	39,00 m
2019-2020	37,62 m
Promedio de las medias anuales	38,25 m

Fuente: Elaboración propia.

Definición del criterio geomorfológico

Para la definición del criterio geomorfológico se analizó una interpretación conceptual técnica jurídica de los elementos constitutivos del río citados en el artículo N° 235 del CCyC: “Se entiende por ríos el agua, las playas, y el lecho por donde corre (...)”, considerando normas internacionales, nacionales y bibliografía jurídica dado que la naturaleza de la línea de ribera es jurídica. En este sentido y en cuanto al elemento “lecho”, se encontró que para los autores Segovia (1894), Marienhoff (1939), Hernández (2001), “cauce”, “lecho”, “madre” o “álveo” son sinónimos y se refiere a la superficie de tierra que las aguas ocupan habitualmente. En cuanto al límite de este, en el derecho comparado se encontró una similitud en el concepto que países como España, Colombia, Portugal, tienen con el concepto de Argentina y a la vez con lo que establece el Derecho Romano (tabla N°2).

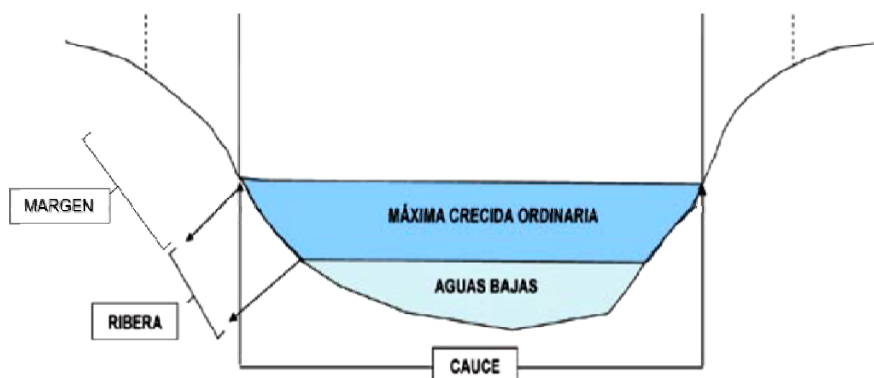
Tabla N°2. Definición del elemento “Lecho” en el derecho comparado

Países	Definición "LECHO"
Argentina	"Promedio de las máximas crecidas ordinarias" art. 235 y Art. 1960 CCyC.
España	"Aguas en las máximas crecidas ordinarias" art. 4, Ley de aguas.
Colombia	"Aguas cuando alcanzan sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias" (Dec.1541/78).
Portugal	Aguas cuando no está afectado por avenidas extraordinarias, inundaciones o temporales"(Art. 10, Ley 54/50).
Derecho Romano	"Las más altas aguas en su estado normal"

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los elementos constitutivos del cauce, para Gilardoni (1936) y Marienhoff (1939), el lecho de un curso de agua está formado por dos partes: por el “piso” o “fondo” que es la superficie sobre la cual corre el agua en aguas bajas y por las “riberas”, que son los costados del “lecho” entre los cuales corre el agua. Por otra parte, en la legislación de Estados Unidos también encontramos que el “cauce” está contenido entre sus riberas siendo estas partes del mismo. En resumen, se interpreta que las riberas son una parte del cauce, generalmente visibles en aguas bajas y son tapadas en las máximas crecidas ordinarias (Figura N° 2).

Figura N° 2. Sección transversal “tipo” de un cauce del río



Fuente: adaptado de Villarroya Aldea (2004).

En cuanto al elemento “playas” Del Campo (2015) alude que es novedosa la incorporación de este componente en el CC y C. Para la autora, estas se incorporan como componentes “desagregados” o “ampliados” del dominio público hídrico, ampliando el dominio hídrico una franja correspondiente a dichas playas. Sin embargo, para otros autores como Silveyra (1903), Marienhoff (1939) y Bibiloni (1940) el concepto genérico de ríos comprende las playas. Por su parte, Salvat

(1952) y Volonté (2014) en sus trabajos utilizan el término de “playas” de los ríos para referirse a las “riberas internas de los ríos”, prescripto en el art. 2340, inciso 4, del Código Civil de Vélez, las cuales forman parte del dominio público. A su vez, Marienhoff (1939) sostiene que las “riberas”, según sea su estructura física, reciben el nombre de “costas” o “playas”. Por lo expuesto, consideramos que las “playas” son parte del río y las mismas no son más que las riberas internas de este.

Además, se encontró que existe una distinción de términos en función de la estructura de la ribera interna de los ríos: éstas reciben el nombre de “playas” cuando se trata de riberas muy planas casi horizontales y los términos “costas” o “riberas” se reservan para las riberas tipo vertical u oblicua. Aunque costas generalmente se reserva para mencionar las riberas del mar. Esta estructura diferente entre playa y ribera, puede verse en la figura 3: donde las imágenes a) y c) corresponden a “riberas” con estructura casi vertical y en las imágenes b) y d) pueden verse las “playas” con estructura casi horizontal.

Luego analizando el Derecho Comparado encontramos que el vocablo “playas” aparece en la legislación de España como las fajas laterales de los cauces que se sitúan por encima del nivel de las aguas bajas. Luego, la legislación de Colombia expresa que las playas son la superficie de terreno comprendida entre la línea de las bajas aguas de los ríos y aquella a donde llegan éstas ordinaria y naturalmente, en su mayor incremento. Si observamos la Figura N° 2 vemos que ambas definiciones de playa, físicamente es coincidente con las riberas internas del cauce.

De esta forma podemos decir que los vocablos “riberas”, “costas” y “playas” son parte del cauce y denotan matices de una misma idea. Por lo tanto, el criterio geomorfológico adoptado para este trabajo consiste en que la “ribera” o “playa” es parte del lecho, cauce, álveo o madre, y es visible en aguas bajas. Cuando su estructura física es plana, casi horizontal, la llamaremos playa. Entonces puede decirse acertadamente y en consonancia con Segovia (1894) y Marienhoff (1939), que existen ríos sin playas.

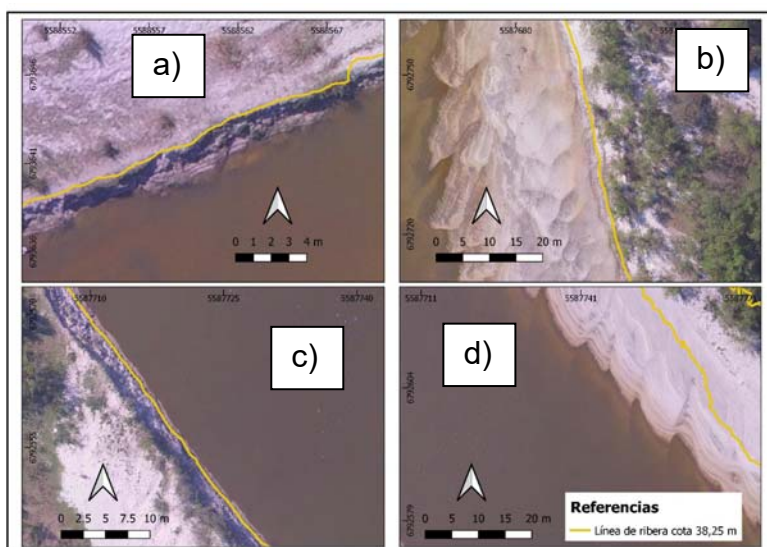
Como resultado del análisis realizado, el criterio geomorfológico adoptado para delimitar la línea de ribera fue tomar como límite el borde externo de la “ribera” o “playa” ya que estas son parte del “cauce” o “lecho”. Ambas son visibles en aguas bajas, y contienen las aguas cuando llegan a su más alto estado normal, impidiendo su desborde; a la vez, las “riberas” o “playas” separan el “lecho” del margen (Figura N° 2).

Delimitación cartográfica de la línea de ribera

Se delimitó la línea de ribera (cota 38,25 m) obtenida de promediar las medias anuales de las crecidas máximas ordinarias en el periodo 2010 al 2020, para ello se seleccionó la curva de nivel producto del MDT, con valor correspondiente a dicha cota, utilizando la herramienta extracción por atributo. En

la figura N° 3, se observan cuatro partes del río, en las cuales se muestra el desfase entre la cota de línea de ribera determinada con este criterio y el límite natural del cauce del río. Dentro de esta figura, en la imagen a) la diferencia medida entre la cota de línea de ribera y el borde del cauce del río, es cercana a los 45 cm. Por su parte, en la imagen b) existe un excedente entre el límite geomorfológico de la playa y la línea de ribera, de 95 cm aproximadamente. En la imagen c), el desfase del límite geomorfológico del cauce y la línea de ribera determinada es de 2,5 metros. Por último, en la imagen d) puede verse que la línea de ribera determinada limita el cauce cortando la playa, dejando fuera una superficie aproximada de 12 metros. Puede apreciarse en general que la línea de ribera determinada, varía significativamente con la forma real y natural del cauce.

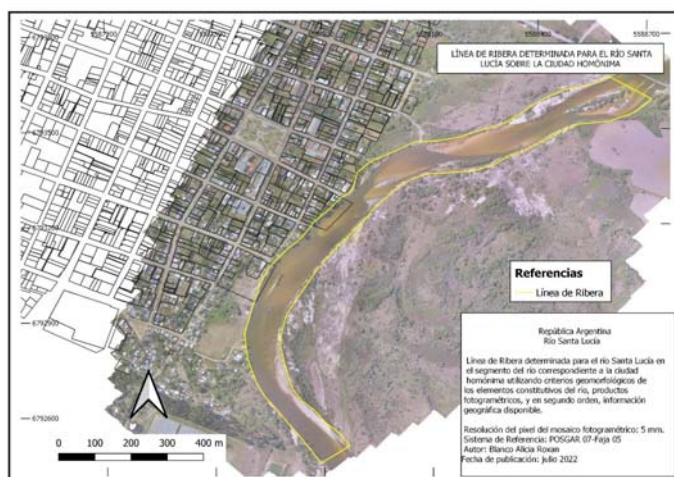
Figura N° 3. Partes del río donde puede verse el desfase de la Línea de Ribera determinada con el criterio hidráulico (línea amarilla) y la forma real del río



Fuente: Elaboración propia en base a la línea de ribera trazada con el criterio hidráulico (línea amarilla) y ortomosaico obtenido con productos VANTS.

En la Figura N° 4 puede verse la línea de ribera trazada con el criterio geomorfológico y superpuesta al registro gráfico catastral de la ciudad de Santa Lucía.

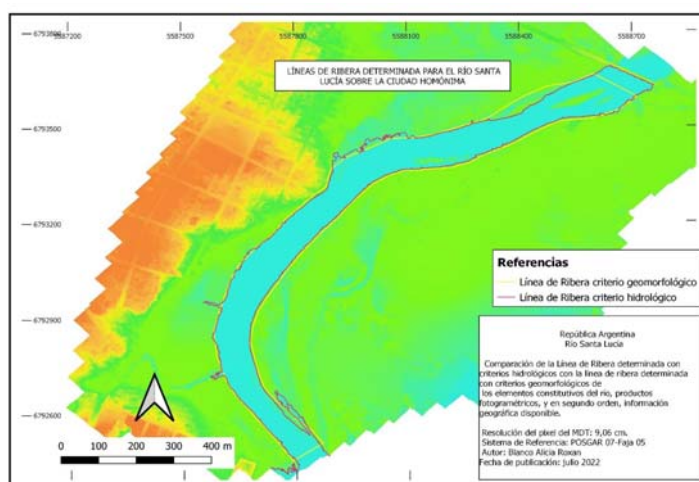
Figura N° 4. Línea de ribera determinada con criterios geomorfológicos para la zona de la Ciudad de Santa Lucía



Fuente: Elaboración propia en base al registro gráfico catastral de la ciudad de Santa Lucía y el ortomosaico realizado con imágenes VANTS.

En la figura N° 5, se muestra la comparación de ambas líneas de ribera determinadas. En la misma puede verse las diferencias dadas principalmente por los distintos criterios utilizados para su delimitación.

Figura N° 5. Líneas de ribera determinada según datos hidrométricos y según el método alternativo basado en aspectos geomorfológicos utilizando productos VANTS



Fuente: Elaboración propia en base al MDT obtenido con productos VANTS.

Conclusiones

En este trabajo se delimitó cartográficamente la línea de ribera utilizando productos fotogramétricos de alta resolución obtenidos con VANT, una base de información geográfica elaborada y dos criterios para su delimitación. El primero fue obteniendo el valor de cota según el criterio dado por el Código Civil y Comercial de la Nación en su artículo N° 235 y el segundo, elaborando en este trabajo un criterio geomorfológico a partir de una interpretación conceptual técnica jurídica de los elementos del río (agua, sus playas y sus lechos) dada por la misma norma.

Los resultados obtenidos, han demostrado que el criterio del promedio de las máximas crecidas ordinarias establecido por el CC y C, es un concepto hidráulico, base para un concepto jurídico como lo sostiene Del Campo (2015), y el cual no tiene una aplicación práctica debido a que se obtiene una representación y caracterización abstracta de lo que es el curso fluvial, donde las dinámicas de los sistemas fluviales no son representadas y tampoco es considerada su geomorfología, debido a que la línea de ribera calculada no coincide con la forma real y natural del curso fluvial.

Sin embargo, para el criterio geomorfológico propuesto en este trabajo por una parte, debido a la naturaleza jurídica de la línea de ribera se tomaron como base principalmente trabajos de juristas, legislaciones internacionales nacionales, provinciales y trabajos sobre línea de ribera realizados con anterioridad, esta base bibliográfica para su definición le da un respaldo científico técnico y carácter robusto para sus futuras aplicaciones, y en segundo lugar, permitió constatar el estado “natural y real” del curso de agua, resultando una metodología que logra la mayor exactitud posible en la delimitación cartográfica del curso fluvial y expandible con futuras aplicaciones prácticas en ríos y arroyos donde hay escasez o inexistencia de información debido a que la metodología propuestos no requiere de información hidrológica para su aplicación y puede ser aplicada a una variedad tipológica de cauces resultando así una alternativa de aplicación eficiente.

Sumado a esto, el criterio geomorfológico planteado, concuerda con lo expresado por Volonté (2014) quien sostiene que el límite del dominio público hídrico tiene un origen y carácter natural, es decir que dicho dominio es creado por la naturaleza. Por ello resulta acertada la afirmación de que los ríos y el mar fijan por sí mismos sus límites (Calvo Pereyra, 1862). En concordancia a esto, los códigos de agua de las provincias de Chaco y Corrientes, establecen que la línea de ribera es físicamente conocida y determinada por un hecho natural. Se trata, en síntesis, de la constatación de un hecho (Matienzo, 1916), de delimitarse la línea de ribera como un hecho (que es lo que constituye y refleja) su marca indubitable en terreno –según sea la topografía, etc.- será cercana a lo que realmente le

pertenece al río (Del Campo, 2015). Por lo tanto, la delimitación de la línea de ribera debe ser en lo posible, la más real y ajustada a los hechos, como así lo permite el criterio y la metodología propuesta en este trabajo. También es significativo resaltar que la línea de ribera determinada para cualquier sitio, no es definitiva, la misma debe actualizarse en conjunto con el estado parcelario ribereño. Cano (1988), en su trabajo resaltaba la importancia de reconocer la variabilidad o movimiento de este límite por causas antrópicas o naturales. En este aspecto, la erosión lineal del suelo por excesos hídricos es considerada uno de los mayores modificadores naturales del paisaje (Da Silva Alexandre et al., 2021). Por lo tanto, debido a la dinámica fluvial, la línea establecida tiene una caducidad en el tiempo y espacio, como lo han demostrado (Alberdi y Ramonell, 2019).

Con respecto a la tecnología de VANTS utilizada, ésta a comparación de la topografía clásica, reduce significativamente el tiempo de trabajo y se obtienen productos digitales del lugar en 24 horas (Mamani Gutiérrez, 2019), lo que puede disminuir el tiempo y trabajo no solo en zonas de difícil acceso, sino también en grandes extensiones (Kharuf Gutierrez et al., 2018).

Hoy en día, el uso de los VANTS está aumentando día a día debido a sus ventajas en el costo, inspección, vigilancia, reconocimiento y cartografía. Con ellos, se pueden hacer análisis de alta precisión como se ha demostrado en este trabajo. Los VANTS se han convertido en uno de los principales métodos para generar MDT (Polat y Uysal, 2017). Del mismo modo, se ha demostrado que los perfiles creados a partir de estos, ofrecen una mayor precisión en la forma real del terreno que los realizados con estaciones total (Mamani Gutiérrez, 2019).

En cuanto a precisiones alcanzadas, Polat y Uysal, (2017), evaluaron la precisión de los MDT con puntos RTK, obteniendo error cuadrático medio (RMSE) de la variable Z, de 17,1 cm para una altitud de 100 m. Asimismo, Roblero Hidalgo et al., (2020), comprobaron que las diferencias en Z obtenidas con VANT, respecto de las obtenidas con estación total y GPS RTK, fueron de ± 0.151 m y de ± 0.145 m, respectivamente, dando cuenta de las buenas precisiones alcanzadas con los productos fotogramétricos. Por otra parte, Mora Félix et al., (2020) en un estudio por encontrar configuraciones de vuelo de parámetros óptimas encontraron que la superposición del 60% asegura una buena precisión planimétrica, dicha superposición fue configurada para esta labor.

Por último, la relevancia de este trabajo consiste, en que la delimitación del bien hídrico público, tiene efectos en la administración correcta del territorio. Por consiguiente, de delimitarse la línea de ribera en base a los hechos naturales su marca indubitable en el terreno será cercana a lo que realmente le pertenece al dominio público hídrico.

Referencias bibliográficas

- Alberdi, R., & Ramonell, C. G. (2019). Delimitación de áreas de dominio fluvial como definición alternativa de líneas de ribera para la provincia de Santa Fe. *XII Congreso Nacional de Agrimensura*, 1-15.
- Bibiloni, J. A. (1940). *Proyecto de Reforma del Código Civil*. Buenos Aires : Imprenta del Congreso Nacional.
- Buffon, E. A., Paz, O. L., & Sampaio, T. (2017). Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant) Para Mapeamento das Vulnerabilidades à Inundação Urbana: Referenciais e Bases de Aplicação. *Revista do Departamento de Geografia*.
- Calvo Pereyra, M. (1862). *De las aguas tratadas bajo el punto de vista legal*. Madrid
- Cano, G. (1988). Estudio sobre la línea de ribera . *Consejo Federal de Inversiones*.
- Carnevali, R. (1994). Fitogeografía de la Provincia de Corrientes. Provincia de Corrientes - República Argentina: Gobierno de la Provincia de Corrientes - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Código Civil, Ley 340. (25 de Septiembre de 1869). Buenos Aires , Argentina: no publicado en Boletín Oficial.
- Código Civil y Comercial de la Nación, Ley 26994. (1 de octubre de 2014). Buenos Aires, Argentina : Boletín Oficial N° 32985.
- Constitución de la Nación Argentina . (1 de mayo de 1994). Ciudad Autónoma de Buenos Aires , Argentina .
- Cruz Toribio, J. O., & Gutierrez Lazares, J. W. (2018). Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT). *métodos y materiales*, 8.
- Da Silva Alexandre, F., Bezerra Candeias, A. L., & Moreira Gómez, D. D. (2021). Análise das mudanças morfológicas em escala de detalhe em voçoroca urbana utilizando perfilamento a laser e veículo aéreo não tripulado. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(2), 758-769.
- Dall'Asta, E., Forlani, G., Roncella, R., Santise, M., Diotri, F., & Morra di Cella, U. (2017). Unmanned aerial systems and DSM matching for rock glacier monitoring. *ISPRS J Photogramm*, 127, 102-114.
- Del Campo, C. (2015). Las aguas en el Nuevo Código Civil y Comercial Unificado. *Informe Código Civil y Comercial Unificado* -
- Cohif, D ' Oleire Oltmanns, S., Marzloff, I., Peter, K., & Ries, J. (2012). Unmanned aerial vehicle (UAV) for monitoring soil erosion in Morocco. *Remote Sensing*, 4(11), 3390-4016.
- Fraser, C. (2013). Automatic camera calibration in close range photogrammetry. *Photogramm Eng Rem S.*, 79, 381-388.
- Gloria, R. (2006). Estudio de la Línea de Ribera y conexas en el Río del Valle, Catamarca. *CFI*.
- Gutiérrez Lazares, J. W., & Cruz Toribio, J. (diciembre de 2018). Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT). *Revista Métodos y Materiales*, 8, 23-32.
- Hernández, H. A. (2001). Cursos y espejos de agua. La Plata, Buenos Aires: Edición del Distrito V del Consejo Profesional de Agrimensura de la Provincia de Buenos Aires.
- Herrera, H., & Bevacqua, C. (2009). Introducción a los objetos territoriales legales. *Editorial Científica UNCa*.

Kharuf Gutierrez, S., Hernández Santana, L., Orozco Morales, R., Díaz, O., & Delgado Mora, I. (2018). Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. *RIELAC*, XXXIX, 79-91.

Koparan, C., Bulent, K., Privette, C., & Sawyer, C. (2018). In situ water quality measurements using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Water*, 10 (264).

Langhammer, J., & Vacková, T. (2018). Detección y mapeo de los efectos geomórficos de las inundaciones mediante fotogrametría UAV. *aplicación pura Geofísico*, 175, 3223-3245. doi: <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1874-1>

Ley Nacional de Catastro, Ley N° 26209. (18 de Enero de 2007), Buenos Aires, Argentina: Boletín Oficial de la República Argentina N°31076.

Mamani Gutiérrez, H. A. (2019). Levantamiento topográfico tradicional y aérofotogrametrías desde vehículos aéreos no tripulados (VANT-DRONES), comparación de coordenadas horizontales y verticales. *Revista Tecnológica*, 16(22), 7-12.

Marienhoff, M. S. (1939). *Régimen y Legislación de Aguas Públicas y Privadas*. Buenos Aires: Ed. Valerio Abeledo.

Matienzo, J. N. (1916). *Derecho Constitucional*. Apuntes taquigráficos tomados en la cátedra del Dr. José N. Matienzo, Decano de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional de La Plata, 1.

Mi ijovský, J., & Langhammer, J. (2015). Multitemporal monitoring of the morphodynamics of a Mid-Mountain Stream Using UAS photogrammetry. *Remote sensing*, 7(7), 8586-8609.

Mora Felix, Z., Sanhouse García, A., Bustos Terrones, Y. A., Loaiza, J. G., Monjardín Armenta, S., & Rangel Peraza, J. (2020). Effect of photogrammetric RPAS flight parameters on plani-altimetric accuracy of DTM. *Open Geosciences*, 12, 1017-1035. doi:<https://doi.org/10.1515/geo-2020-0189>

Polat, N., & Uysal, M. (2017). DTM generation with UAV based photogrammetric point cloud. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(4). doi:10.5194/isprsarchives-XLII-4-W6-77-2017

Reglamento del Dominio Público Hidráulico, Real Decreto 849. (11 de abril de 1986). España .

Reshetyuk, Y., & Mårtensson, S. (2016). Generation of highly accurate digital elevation models with unmanned aerial vehicles. *Photogram Rec*, 31, 143-65.

Roblero Hidalgo, R., Flores Velázquez, J., Chávez Morales, J., & Reyes Ramirez, A. (2020). Reliability assessment of three topographic methods for generating digital elevation models (DEMs). *Ingeniería Agrícola y BioSistemas*, 12(2), 159-171. doi:10.5154/r.inagbi.2020.01.005

Salvat, R. M. (1952). *Tratado de Derecho Civil Argentino, Derechos Reales*. TEA.

Segovia, L. (1894). *El Código Civil Argentino anotado*. Buenos Aires : Felix Lajouane.

Silveyra, C. (1903). *Derechos del Gobierno Nacional sobre las riberas de los ríos navegables*. Buenos Aires.

Soto Márquez, E. (2016). Elaboración de una Restitución Catastral utilizando Vehículos Aéreos no Tripulados. *Revista de Geografía (RECIFE)*, 33(3), 155-169.

Tay, J., Erfmeier, A., & Kalwij, J. (2018). Reaching new heights: can drones replace current methods to study plant population dynamics? *Plant Ecol*, 219, 1139-1150.

Villarroya Aldea, C. (2004). La Delimitación del dominio público hidráulico y el Proyecto LINDE. *Ambienta*, 51-58.

Volonté, M. (2014). A propósito de la línea de ribera y el efecto declarativo de su determinación. *eIDial DC1C39*.

Wang, B., Shi, W., & Liu, E. (2015). Robust methods for assessing the accuracy of linear interpolated DEM. *Int J Appl Earth Obs. Geoinf.*, 34, 198-206.

Notas

ⁱ Doctora de la Universidad de Buenos Aires con orientación en Ciencias Biológicas.

ⁱⁱ Investigadora Adjunta de CONICET en el Grupo de Teledetección Cuantitativa, del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (UBA-CONICET).

ⁱⁱⁱ Este trabajo fue financiado por Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.