

# El territorio fluvial como instrumento de prevención del riesgo de inundación en la rivera sur del Río Laja, en la Comuna de Laja

Maciel Gatica Herrera

*Universidad de Concepción - Chile*

macielgatica@udec.cl

Fernanda Pulgar Salamanca

*Universidad de Concepción - Chile*

fepulgar@udec.cl

Hernán Correa Román

*Universidad de Concepción - Chile*

hecorrea@udec.cl

Luis Díaz Valenzuela

*Universidad de Concepción - Chile*

luisdiaz@udec.cl

## Resumen

Chile es un país que constantemente se encuentra expuesto a riesgos naturales como lo son las inundaciones fluviales. Éstas se deben a transformaciones y alteraciones que sufre el espacio fluvial y en donde las soluciones que usualmente se implementan sólo demuestran una incompatibilidad entre la dinámica natural del río y el proceso antrópico que se le impone. El Río Laja (ubicado en la VIII Región del Biobío), no es una excepción a estos eventos y en este trabajo, se presenta como posible solución determinar el territorio fluvial de un sector del río. Lo anterior se consiguió mediante una recopilación de información y antecedentes históricos, apoyado con entrevistas y fotografías en el área de estudio junto con interpretación de imágenes satelitales y utilización de modelos digitales de terreno. Finalmente se obtiene una propuesta de territorio fluvial considerando como base la información sobre las inundaciones acontecidas en invierno del año 2006, además de las modificaciones en el uso del suelo y los cambios morfológicos del Río Laja.

**Palabras clave:** *Territorio fluvial, Río Laja, Inundación Fluvial, Riesgo.*

## Abstract

Chile is a country which is constantly exposed to natural hazards such as river floods. These are due to transformations and alterations suffered by the river area and where solutions only show an incompatibility between the natural dynamics of the river and atrophied process that is imposed. The Laja River, located in the VIII Region of Bio-Bio, is not an exception and a solution for these events is to determine the fluvial territory of an area of the body of water. This was achieved by gathering information and historical background, backed by interviews and photographs in the study

area combined with a subsequent work of satellite imagery interpretation and the use of digital terrain models. Finally a proposal river territory was obtain, considering as basis the information about the floods occurred in winter of 2006, in addition of the changes in the use of ground and the morphological changes of the Laja River.

**Keywords:** *River Territory, Laja river, river flood, risk..*

Fecha de recepción: 28 de marzo de 2018.

Fecha de aceptación: 18 de junio de 2018.

## 1 Introducción

Chile es un país que, debido a sus características geográficas, se encuentra expuesto a constantes riesgos naturales de todo tipo, como terremotos, tsunamis, remociones en masa, inundaciones, sólo por nombrar algunos, los que tienen diversas consecuencias en la población. Dentro de estos riesgos, el de inundación fluvial destaca por estar presente a lo largo de todo el país, ya que gran parte de los asentamientos y actividades humanas se encuentran en las riberas de ríos, variando en intensidad y frecuencia dado las distintas condiciones meteorológicas de cada región.

La inundación fluvial es un proceso natural de los ríos, en el que se produce un anegamiento del territorio adyacente al cauce menor del río, constituyéndose como riesgo cuando ese territorio está ocupado por los asentamientos humanos, ya que es un peligro para esa población (Rojas et al, 2014). Este riesgo puede ejemplificarse con lo ocurrido en las inundaciones del norte de Chile en marzo de 2015, en el cual además de las condiciones meteorológicas extremas que causaron las fuertes precipitaciones, parte del daño se dio porque la población se encontraba asentada en el propio lecho del río y sus terrenos aledaños, ya que aunque éste llevaba años seco, todavía es un río y por lo tanto en algún momento va a inundar esa zona.

Por lo general en Chile el riesgo de inundación es potenciado por las diferentes formas de relieves montañosos que se distribuyen de manera longitudinal, en el que las zonas más altas se encuentran cubiertas de glaciares y nieve, además de sufrir con mayor frecuencia algunos eventos derivados de la actividad volcánica tales como caída de ceniza, sismos menores y emanación de gases. Los cambios que se producen ambientalmente alteran la características de la zona, las cuales incrementan la vulnerabilidad del territorio frente a la ocurrencia de una inundación fluvial (Di Castri y Hajek, 1976; Peña y Klohn, 1990, citado en Rojas et al, 2014).

Según la revisión de las inundaciones fluviales ocurridas en el país realizada por Rojas *et al.*, (2014), se registran 227 eventos de inundación fluvial en el período 1574-2012; el 71% de estas se asocian a eventos pluviales por precipitación frontal y convectiva, un 12% a procesos nivoglaciales; un 10% a procesos volcánicos y la menor proporción de crecidas fluviales de carácter catastrófico se vinculan a deslizamientos e intervenciones antrópicas. En los últimos 100 años, la tendencia se ha mantenido, solo con pequeñas variaciones.

Frente a la necesidad de prevenir que ocurran estos fenómenos catastróficos o de riesgo por causa de las inundaciones fluviales, se implementan por lo general medidas estructurales con obras de ingeniería hidráulica, las que no sólo modifican el ciclo natural de un sistema fluvial, sino que además estas no son infalibles y en ocasiones se convierten en una fuente más de peligro, las que se producen por

ruptura, mal manejo o vaciamiento repentino de infraestructura hidráulica (*e.g.* falla de compuerta de tranques, exceso de caudal en canales, falta de limpieza de canales, etc.). Este tipo de inundaciones se registran desde la región de Antofagasta a la del Biobío, reportándose al menos 10 eventos durante el último siglo (Rojas *et al.*, 2014).

El territorio fluvial surge como una alternativa no estructural, de planificación y gestión del territorio para prevenir el riesgo de inundación fluvial, además de contribuir a la restauración del sistema fluvial. El territorio fluvial se puede definir como el espacio dominado por un sistema fluvial, incluyendo el cauce, el corredor ribereño y la llanura de inundación, total o parcialmente. Es una banda geomorfológica y ecológicamente activa, de máxima eficiencia y complejidad como sistema natural. Debe ser ancho, continuo, inundable, erosionable, no defendido y no urbanizable. Sus límites son precisos pero no deberían ser permanentes, sino que han de adaptarse a la movilidad fluvial (Ojeda, Matauco, &Huarte, 2009)

El territorio fluvial según Ojeda *et al* (2009) es de gran relevancia, ya que cumple con objetivos fundamentales que constituyen su utilidad en la ordenación del territorio y en la restauración fluvial. Estos objetivos están relacionados con:

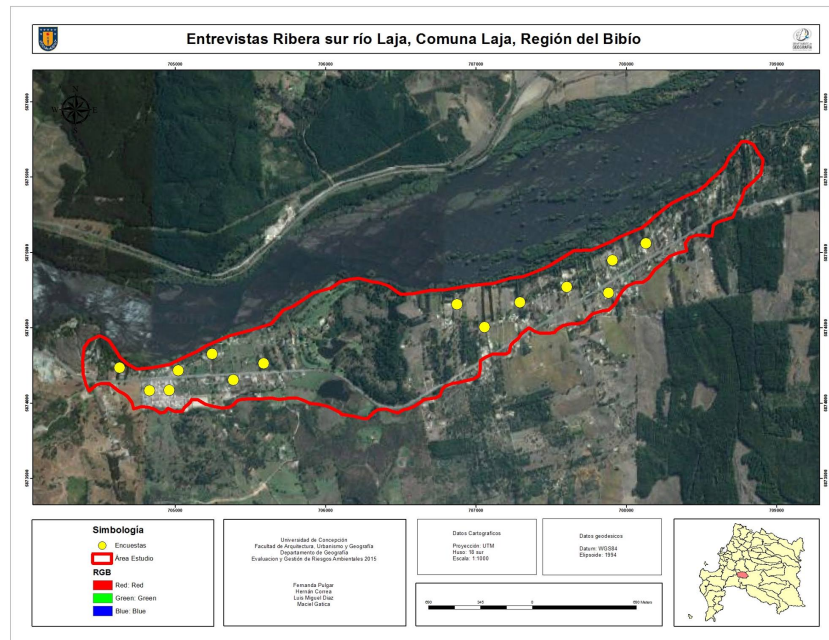
- Conservar o recuperar la dinámica hidromorfológica, que el Río pueda desplazarse lateralmente, erosionar, sedimentar y desbordarse, desarrollando todas las interacciones hidromorfológicas y ecológicas entre el cauce, las riberas, los anexos fluviales, la zona hiporreica y el freático.
- Obtener un corredor ribereño continuo que garantice la función ecológica, bioclimática y paisajística del sistema fluvial.
- Laminar de forma natural las avenidas reduciendo los caudales punta por el propio desbordamiento dentro del Territorio Fluvial, que se convierte en almacén de ralentización de la onda de crecida, lográndose, por tanto, una mitigación del riesgo aguas abajo y un ahorro en defensas e indemnizaciones.
- Al resolver problemas de ordenación de áreas inundables, el Territorio Fluvial contribuye a reducir la exposición, lo que implica sostenibilidad a la hora de luchar contra las situaciones de riesgo (Blackwell y Maltby, 2006; Ollero y Elso, 2007, citado en Ojeda *et al*, 2009). Esta propuesta permite la multifuncionalidad de los espacios inundables, ya que en el Territorio Fluvial se pueden desarrollar actividades humanas compatibles con la inundación o cubiertas con seguros.

Cumpliendo estos objetivos, se puede contribuir a la consolidación del paisaje fluvial, que es fundamental para la mitigación de riesgos, para la conservación de espacios fluviales y para la restauración.

El concepto de territorio fluvial que todavía no se aborda en Chile y Latinoamérica, por lo que este trabajo consiste en la delimitación del territorio fluvial para un tramo de la ribera sur del Río Laja, basado en trabajos realizados en Europa, específicamente España, adaptando su metodología a los datos de los que disponemos, con el fin de proponer una solución de carácter integral a los problemas de inundación fluvial, distinta a lo que se suele hacer en nuestro país.

## 2 Área de estudio

El Río Laja se emplaza en el sector norte de la comuna de Laja; ubicada en la provincia de Biobío, en la región homónima. Limita con la comuna de Yumbel y San Rosendo al norte, con la comuna de Los Ángeles al sur y al este y con la comuna de Nacimiento al oeste (véase en la Figura 1).



**Figura 1:** Área de estudio, Ribera sur Río Laja y ubicación de entrevistas realizadas.

La población comunal es de 22.404 habitantes según el Censo 2002 y representa el 6,3% de la población provincial y el 1,2% de la población regional. La población rural de la comuna alcanza las 6.116 personas, mientras que la población urbana es de 16.288 habitantes, lo que porcentualmente equivalen al 27,2% y 72,8 % respectivamente (PLADECO Laja, 2014).

En el plano físico, la comuna se enmarca entre la depresión intermedia y la Cordillera de la Costa, en donde es posible encontrar geoformas de erosión asociadas a cordones costeros en rocas graníticas, así como también terrazas relacionadas a los cursos fluviales.

Hidrológicamente la comuna de Laja se localiza en la confluencia de los Ríos Biobío y Laja, siendo este último el afluente por el norte más importante del primero.

El Río Laja tiene su nacimiento en el lago homónimo y durante un lecho arenoso y ancho, recorre una llanura compuesta por grandes arenales, producto de los sedimentos propios que aporta. El Laja tiene una longitud de 140 kilómetros y drena una hoya hidrográfica de 4.040 Km. (PLADECO Laja, 2014).

En cuanto a la arista climática, la comuna presenta un clima templado-cálido con estación seca corta. La mayor concentración de precipitaciones se da entre los meses de mayo y septiembre, mientras que el déficit de aguas lluvia tiene lugar en el periodo octubre-abril. El promedio anual es de 1000 milímetros (PLADECO Laja, 2014).

### 3 Método

La metodología que se utilizó se divide en tres pasos principales. El primero consta de trabajo en gabinete, el cual se inició con una revisión bibliográfica correspondiente a información existente sobre antecedentes históricos de inundaciones en el área de estudio, esto se complementó con la recopilación de información mediante papers sobre territorio fluvial y su delimitación. Posterior al análisis y recopilación de información, mediante la página web Sasplanet<sup>1</sup> se obtuvieron imágenes satelitales Lansat7, de los años 2003 y 2015 correspondientes al área de estudio. Finalmente se realizó la planificación y preparación del trabajo de campo.

El segundo paso correspondió al trabajo de campo realizado durante la última semana del mes de octubre del año 2015 en la comuna de Laja, en donde se aplicaron 14 entrevistas a la población basadas en el libro “Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografías de zonas inundables” y la captura de fotografías de la condición actual que presenta el área de estudio. El número de encuestas que se realizaron está limitado por la escasa población existente en el área de estudio y la difícil accesibilidad a ella.

Como tercer y último paso, se realizó el trabajo de gabinete, con la finalidad de analizar las entrevistas realizadas y delimitar el territorio fluvial mediante la interpretación de las imágenes satelitales Lansat7. La delimitación del territorio fluvial se realizó mediante un modelo digital de terreno para poder observar las curvas de nivel y establecer el territorio fluvial, lo cual fue complementado por la digitalización del cauce principal del año 2003 y el cauce actual 2015, sin dejar de considerar la digitalización del corredor fluvial del año 2003, realizado mediante el software ArcGIS 9.3. El análisis de las imágenes satelitales de 2003 y 2015 se hizo en el Software ENVI 4.5 en donde se realizó una combinación de bandas, dejando a la vista con mayor claridad los cambios producidos en el cauce principal del Río Laja.

### 4 Resultados

De las entrevistas realizadas en terreno, todas concordaban en que las lluvias acontecidas durante el invierno del año 2006 han sido, por lo menos en los últimos 30 años, las más perjudiciales. En el tramo oriente del área de estudio (en la derecha de la Figura 1) las consecuencias debidas a tal evento fueron bajas o más bien nulas, dado a que se encuentran a una mayor distancia del río (sobre los 20 metros). En el caso de las viviendas del sector occidental (parte izquierda de la Figura 1), donde en 3 de las 7 casas entrevistadas se encontraban contiguas al río, las respuestas eran opuestas. En aquel evento estas viviendas se vieron afectadas fuertemente por las precipitaciones, las cuales provocaron el aumento del caudal y la ocupación en toda su extensión del cauce del Río Laja, dando como resultado la inundación de gran parte de las viviendas.

Desde esa fecha hasta la actualidad, el cien por ciento de los encuestados no ha sufrido efectos similares o de tal magnitud producto de las precipitaciones.

Al realizar la comparación entre los años 2003 y 2015 del área de estudio, se observa una evolución bastante pasiva de esta sección del Río Laja (Figura 2). Morfológicamente se mantiene igual, siendo el factor vegetacional el que presenta mayores diferencias entre un periodo y otro. En la parte superior correspondiente

---

<sup>1</sup>[https://bitbucket.org/sas\\_team/sas.planet.bin/downloads/](https://bitbucket.org/sas_team/sas.planet.bin/downloads/)

al año 2003 es posible observar un mayor ancho del río, precisamente por una baja cantidad de vegetación tanto en el medio del cauce como en las orillas norte y sur. En contraste, en la imagen del año 2015 se destaca la alta presencia de vegetación en ambas riberas del Río Laja. El trazo próximo al puente (esquina inferior izquierda) y el fragmento oriente del área de estudio evidencian las diferencias entre un año y otro. En ambos casos la masa vegetacional ocupa una porción importante del cauce del río, donde no sólo es posible encontrar malezas y arbustos, sino que árboles de tamaño medio.



**Figura 2:** Comparativa de imágenes satelitales año 2003 (superior) y 2015 (inferior)

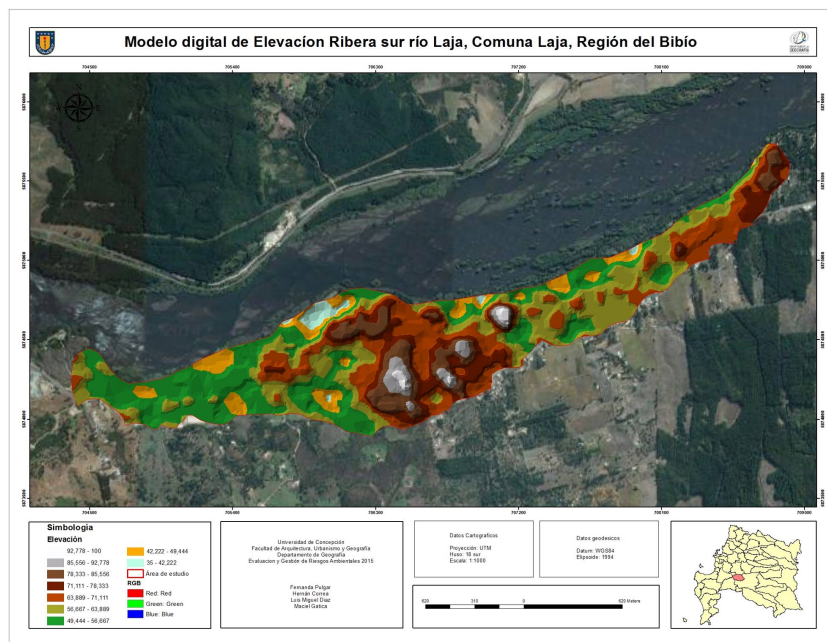
De acuerdo al Modelo Digital de Terreno (MDT) aplicado a nuestra área de estudio (véase en la Figura 3), se obtuvieron las variaciones topográficas en la superficie de la ribera sur del Río Laja. Las mayores alturas coinciden con el centro de nuestra área de análisis, donde además se alcanza la mayor distancia del río por parte de las viviendas. Desde aquí hacia el oeste y este los números disminuyen hasta encontrar los lugares más bajos colindantes al río.

Al contrastar los usos de suelo de los años 1998 y el 2011 (Figura 4) se observan algunas diferencias relevantes. Mientras que “Bosque Nativo Exótico”, “Ciudades-Pueblos”, “Praderas Perennes” y “Rotación Cultivo- Pradera” permanecen iguales, “Matorral Abierto” se ha visto modificado, disminuyendo su superficie dentro del área de estudio. Esta reducción de su cobertura se contrasta con el surgimiento de “Bosques Exóticos Asilvestrados”, el cual ocupa superficie que en 1998 era ocupada por este “Matorral Abierto”. Además, este uso que surge en el último tiempo, se desplaza por la ribera del Río Laja en el tramo oriental del área de estudio. En el trazo occidental también existe presencia de este uso, aunque en menor porcentaje. Los usos de “Plantación” y “Renoval Denso” aparecen en la carta correspondiente al año 2011, ocupando una bajísima superficie del total del área de estudio.

Finalmente el uso “Ríos” aumenta levemente su superficie, ensanchándose en la porción ya existente en el año 1998 y surgiendo levemente más al oeste de la superficie indicada anteriormente.

Como resultado de combinar las imágenes aéreas, los resultados de las entrevistas y el MDE, se obtiene la propuesta de Territorio Fluvial elaborada para el





**Figura 3:** Modelo Digital de Terreno (MDT) del área de estudio.

área de estudio. (Figura 5).

En ésta se consideró el cauce principal del año 2003, así como también, el corredor fluvial correspondiente al mismo año. Se contraponen al cauce principal del presente año, para finalmente definir el territorio fluvial, en su alcance mínimo y máximo.

Se realizó más fácilmente la delimitación del territorio fluvial ya que cuenta con algunos requisitos fundamentales como la antes mencionada presencia de vegetación natural, ausencia de defensas que dificulten o retarden las funciones del río, entre otros.

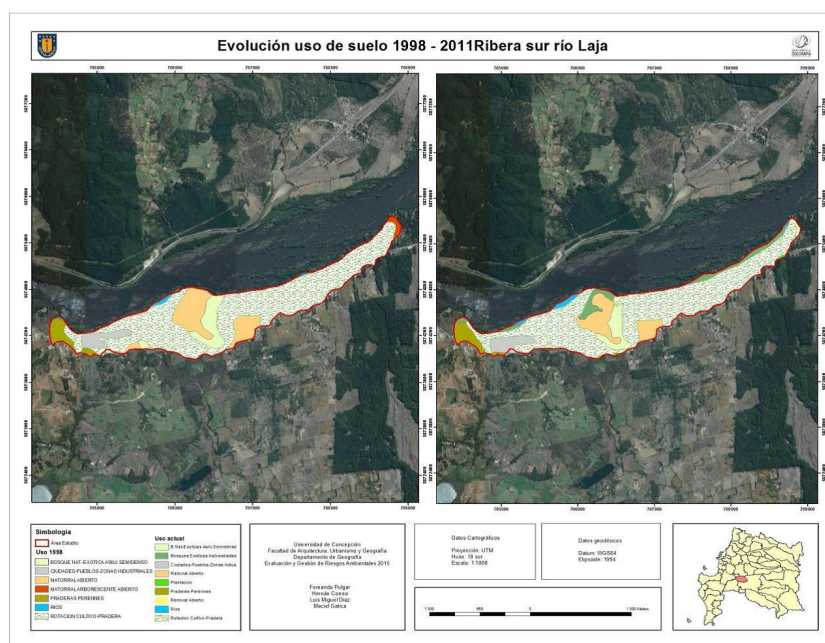
De esta manera la delimitación del territorio fluvial se realizó bajo criterios históricos, geomorfológicos y ecológicos, siguiendo la línea de sus objetivos y características.

## 5 Discusión

El trabajo desarrollado lleva por objetivo el proponer una solución a las inundaciones fluviales en un sector del Río Laja, a través de la delimitación de un territorio fluvial. En los resultados obtenidos, la zona delimitada como territorio fluvial es una zona compuesta por terrenos privados, en los que se encuentran viviendas que ya se han visto afectadas por inundaciones pasadas y otras que no, pero que dada su ubicación podrían verse afectadas en el futuro.

Si bien el área de estudio cuenta con escasa población, ya que es un sector rural donde los usos de suelo corresponden a los propiamente rurales, en el trabajo de campo se pudo apreciar que se está convirtiendo poco a poco en una zona residencial rural para quienes viven en la ciudad de Laja, dado mayormente por su cercanía, además de contar con lugares de recreación como campings y un club de golf, por lo que se puede asumir que es un sector que, si bien aún no se encuentra sometido a altas presiones económicas, lo estará en un futuro.

La posibilidad de una transformación en el uso del suelo en la zona de estudio,



**Figura 4:** Usos de suelo año 1998 y 2011 del área de estudio.

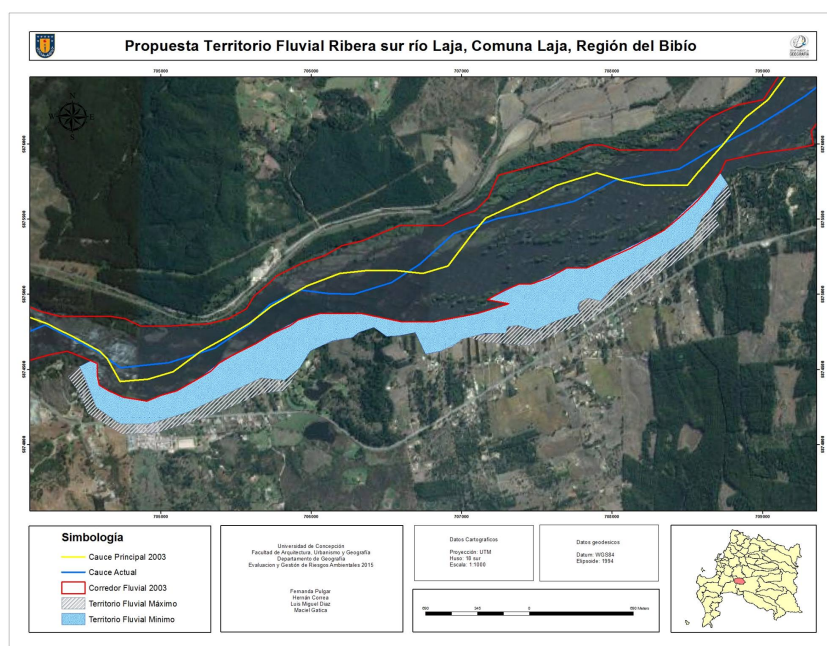
la cual ya se evidencia, impulsa una pronta y adecuada gestión del territorio fluvial delimitado. Éste es relevante, no solamente porque permitiría disminuir el riesgo de inundación de quienes viven en dicha área, sino que, al encontrarse aguas arriba del núcleo urbano de la ciudad de Laja, permitiría un espacio y un rango de tiempo mayor para que, en situaciones de aumento de caudal, éste disipara su energía antes de llegar a Laja, donde reside la mayor parte de la población.

Afortunadamente, es una zona en donde no se ha intervenido el río, por lo tanto la propuesta es que quienes poseen terrenos allí y no han construido, se les recomiende no construir, o hacerlo con las medidas de mitigación necesarias, pensando especialmente en un futuro lejano prohibir la urbanización de esta zona, a través de instrumentos de planificación, ya que es muy probable que pueda ocurrir dicha urbanización, dada su cercanía con Laja y debido a la expansión que se está dando hacia ese sector. Este territorio es apto para zonas de recreación como las anteriormente mencionadas, pero teniendo en cuenta, que no debe haber infraestructura permanente en las zonas de inundación.

Por otro lado, una de las dificultades para llevar a cabo la gestión del territorio fluvial, es que en Chile las zonas rurales no cuentan con normas de planificación, por lo que no existe ningún instrumento legal que les permita a las autoridades prohibir los usos que se le quiera dar a la propiedad privada y por ende, gestionarlos. Otro problema son las centrales hidroeléctricas que posee el Río Laja en su curso medio y superior, ya que intervienen en el caudal natural del Río. Para el funcionamiento del territorio fluvial delimitado, es principalmente importante la central Laja ubicada a menos de 20 Km., por lo que en la gestión del territorio fluvial se debe contar con la cooperación de la hidroeléctrica para mantener caudales normales de acuerdo al nivel de precipitación, lo que en la actualidad es muy difícil de lograr, ya que se prioriza las funciones de generación de electricidad y/o regadío que tenga la central por sobre el funcionamiento del sistema fluvial, problema que se repite en gran parte del país, desde la zona central hacia el sur, en donde la mayoría de las cuencas cuentan con uno o más embalses.

A los problemas mencionados anteriormente para la implementación del te-





**Figura 5:** Propuesta de Territorio Fluvial del área de estudio.

territorio fluvial como una medida concreta, se suman algunos de los identificados por Ollero et al. (2010) para España y que se repiten en Chile, entre los que se encuentran la multiplicidad de usos, conflictos de propiedad, deficiencias normativas, presión urbanística y económica, proteccionismo privado, intereses de difícil compatibilización, dificultad para integrar y coordinar la planificación con otras de carácter ambiental, inexistencia de cultura ambiental, falta de recursos, entre otros.

Pese a las dificultades mencionadas, se cree que el territorio fluvial como medida de mitigación del riesgo de inundación fluvial, así como también la restauración de los sistemas fluviales es una solución viable, para lo cual se debe partir por un cambio en la forma de planificar a nivel nacional, especialmente en el sector rural, además de producir un cambio cultural en la forma en cómo se perciben los ríos y permitir que estos vuelvan a su comportamiento natural ya que, por ejemplo, se da por hecho que una crecida extraordinaria es un hecho aislado o anormal.

## 6 Conclusiones

La red fluvial es importantísima en la dinámica ambiental y en la planificación del territorio, por lo tanto, éste no debería ser intervenido antrópicamente, para ello se realiza la delimitación del territorio fluvial. El surgimiento de la expansión residencial rural que se ha desarrollado, trae consigo una serie de problemas ligados al riesgo de inundación a la cual se encuentra expuesta la población. De ello nace la necesidad de implementar esta delimitación, mejorando de forma directa la calidad de vida y seguridad de las personas.

Si bien el Territorio Fluvial es viable en la práctica y científicamente probable, no se ha tenido mucho en cuenta, debido a las dificultades anteriormente mencionadas. Sería ideal su aplicación, la cual se puede ejecutar en cualquier tipo de curso fluvial, más aún si con este método, la peligrosidad de las crecidas e inundaciones, podría reducir los efectos negativos sobre los grupos humanos.

Esta es una pequeña aproximación a la delimitación de un territorio fluvial, en el que quedan varios aspectos pendientes o a profundizar, por lo que se deberían realizar más investigaciones en distintas cuencas del país que profundicen más en el tema para así crear una base teórica que respalde el concepto de territorio fluvial y asimismo llevarlo a cabo en la práctica y contribuir en la mitigación y disminución de uno de los riesgos más frecuentes a los que se debe enfrentar el país.

## Referencias

- Fernández Orgaz, D., Robledo, M., Bielsa, J. y Ollero, A. (2015). Análisis coste-eficacia para una propuesta de implantación del territorio fluvial en el río Odra (Burgos). Actas del II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial Restaurarios 2015, 96-103, Pamplona.
- Ilustre Municipalidad de Laja. (2014). *Plan de Desarrollo Comunal de Laja [En línea]*. Ilustre Municipalidad de Laja, Región del Biobío, Chile: 199 p. Recuperado el 23 de Noviembre de 2015, Disponible en: <http://munilaja.cl/w/wp-content/uploads/2015/03/PLADECOLAJA.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). “Guía metodología para el desarrollo del sistema nacional de cartografías de zonas inundables”. CATALOGO GENERAL de publicaciones oficiales del gobierno de España. Capítulo 4 análisis histórico. pp126.
- Ollero, A. (2006): Inundaciones y ordenación del territorio fluvial en la cuenca del Ebro. En Chastagnaret, G. y Gil Olcina, A. (Dirs.): *Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo occidental*, 239-272, Casa de Velázquez y Universidad de Alicante.
- Ojeda, A. O., de Matauco, A. I. G., & Huarte, J. E. (2009). El territorio fluvial y sus dificultades de aplicación. *Geographicalia*, (56), 37-62.
- Rojas, O.; Mardones, M.; Arumí, J. L.; & Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, (57), 177-192. Recuperado en 23 de noviembre de 2015, de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071834022014000100012&lng=es&tlng=es.10.4067/S0718-34022014000100012](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071834022014000100012&lng=es&tlng=es.10.4067/S0718-34022014000100012).