APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN FLUVIAL URBANA EN LA CUENCA DEL RÍO ANDALIÉN (REGIÓN DEL BIOBÍO, CHILE)

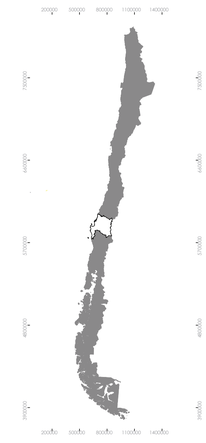
Julio César Parra[1], Paulina Espinosa[2], Edilia Jaque[1] y Alfredo Ollero[3c] / [1]Dpto. de Geografía, Universidad de Concepción (Chile) / [2] Dpt. of Architecture and Design, KU Leuven University (Belgium) / [3] Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza / [c]Corresponding author: aollero@unizar.es

RESUMEN

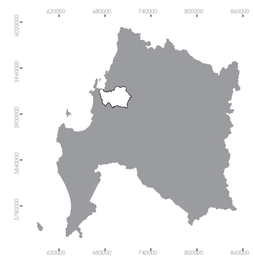
Se han caracterizado y evaluado los procesos y resultados de la acción geomorfológica en la cuenca del río Andalién para obtener una valoración del área, con su zonificación de acuerdo a su estado. Con ello se ha generado una visión integrada para su correcta planificación y manejo. En la cuenca se ha analizado también la acción antrópica (urbanización, actividades silvoagropecuarias y extractivas), que han causado un desequilibrio geomorfológico en las zonas aledañas al cauce principal y sus afluentes. Mediante la aplicación de un protocolo de caracterización y evaluación hidrogeomorfológica se han detectado tramos fluviales con alteraciones, para los que se evaluarán en el futuro, alternativas de restauración fluvial. Se ha validado así la utilidad del protocolo y se constatan las complejas interacciones y las posibilidades de integración territorial entre el medio urbano y el fluvial.

ABSTRACT

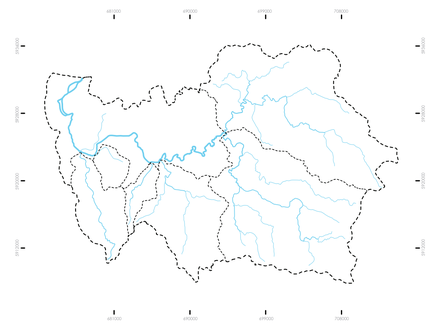
In order to obtain a valorisation of the Andalien watershed, the results and processes of the geomorphological action have been characterized and assessed. Thus, a whole vision has been built to conceive a proper planning and management.Anthropic action (urbanization, agriculture, forestry activities and sediment extractions) within the watershed, which has caused a geomorphological disorder in the adjacent areas to the river and its tributaries, is also analysed. The hydro-geomorphological protocol applied reveals alterations related to urban spaces for which will be planned some river restoration alternatives. To sum up, it has been validated the usefulness of the protocol and it has been established the complex interactions and possibilities of urban-river territorial integration.



Chile y ubicación de la región del Bío Bío



Región del Bío Bío y ubicación la cuenca



Cuenca y subcuencas del río Andalién

Fotografías río Andalién en su tramo urbano

INTRODUCCIÓN

La dinámica geomorfológica es la base fundamental del correcto funcionamiento de los cursos fluviales y ecosistemas asociados a ellos. Por ello, los indicadores geomorfológicos son clave para determinar el estado ecológico de los ríos (Ollero et al 2008). Sin embargo, muchas acciones humanas (entre ellas la urbanización) no suelen valorar esta dinámica natural que se vulnera generando escenarios condicionantes de peligrosidad asociada a riegos de carácter natural.

En Chile los ríos y cursos de agua están asociados a una o más urbanizaciones cercanas o contiguas siguiendo el modelo de fundación español que cumplía las necesidades de servicios básicos para la formación de una urbe. Esta lógica de urbanización condiciona que existan interrelaciones directas entre la urbanización y la geomorfología del curso fluvial y más aún, que poco a poco se deterioren los cauces fluviales y sus ecosistemas propios. A raíz de la problemática asociada a los cauces fluviales nace el querer restaurar estos ecosistemas y preservarlos a través del paso del tiempo y a su vez, generar un equilibrio y evitar que estos se vuelvan un foco de riesgos naturales.

Esto hace necesario evaluar indicadores geomorfológicos como por ejemplo, los protocolos SR (Thorne, 1998, 2002) y RHS (Raven et al., 1998, 2002, 2009, 2010) existentes en continente Europeo.

METODOLOGÍA

Este estudio tiene como objetivo determinar el estado geomorfológico y su dinamismo, mediante la aplicación de un protocolo de caracterización y evaluación hidrogeomorfológica dentro de la cuenca, midiendo sus alteraciones, asociados a espacios que tienen una directa relación con el desarrollo urbano y rural.

Los datos para este estudio fueron tomados de manera homogénea. El muestreo se llevó a cabo en los meses de diciembre y enero, temporada de verano correspondiente al año 2014-2015.

Selección de variables

Para poder identificar el estado de la cuenca del Andalién, se han seleccionado un conjunto de variables que pueden caracterizarse o medirse en gabinete, otro conjunto que puede medirse en gabinete pero requiere comprobación en campo y finalmente, variables que deben identificarse en campo.

Gabinete

- Continuidad del transporte de sedimentos
- Variables básicas generales (son estables, no hace falta volver a medirlas)
- Tipo general del cauce: aluvial o en roca
- Variables de funcionamiento e identificación de impacto (muestreo o revisión anual)
- Presas > 10 m aguas arriba o en el tramo (% de la superficie de cuenca afectada desde la más baja).
- Azudes < 10 m, vados y obstáculos transversales en el tramo (inventario)
- En ambos casos se identificará y tendrá en cuenta si los obstáculos están colmatados o no.
- Comprobar en campo movilidad, imbricación, acorazamiento y morfología de barras (observación cualitativa)

Gabinete + Comprobación en Campo

- Variación de la profundidad y anchura
- Variables de caracterización (muestreo o revisión cada 6 años)
- Tipo morfológico de la forma en planta (rectilíneo, sinuoso, meandriforme, divagante, trenzado, anastomosado). Se propone identificarlos con las fotos aéreas.
- Variables de funcionamiento e identificación de impacto (muestreo o revisión anual)
- Alteraciones antrópicas en la forma en planta del cauce
- Inventario y evaluación de defensas de margen

Identificación en Campo

- Estructura y sustrato del lecho
- Nivel de análisis de más detalle condicionado en cierta forma, y ciertos casos, por el resultado del punto 2 Variación de la profundidad y anchura del río.
- Variables básicas generales (son estables, no hace falta volver a medirlas) Tipo de estructura longitudinal (salto-poza, rápido-poza, tabla, etc.)
- Variables de caracterización (muestreo o revisión cada 6 años) Tipo y composición del sustrato natural
- Variables de funcionamiento e identificación de impacto (muestreo o revisión anual)
- Observar alteraciones antrópicas en la secuencia de rápidos y pozas
- Observar alteraciones antrópicas en las morfologías de fondo del cauce

Fase de caracterización y valoración

Luego de la selección de variables se procede a ordenarlas y clasificarlas para obtener en primera instancia la caracterización geomorfológica y de la actividad hídrica en la cuenca para luego proceder a valorizar estos procesos (Ollero A. et al., 2008).

Los puntos de muestreo son 20, distribuidos en la totalidad de la cuenca, elegidos mediante la clasificación de jerarquía de drenes de Strahaller A. (1997) donde se ha muestreado al tener un cambio de drenes de orden 2 a 3, con el fin de obtener un muestreo en cursos de agua que posean un caudal relevante al transporte de sedimento y a la dinámica geomorfológica.

La longitud de la cuenca es de 130 km. de longitud y presenta al menos 3 tramos geomorfológicamente diferenciados (Jaque, 2008). (Ver mapa Red Hídrica con Jerarquías y puntos de muestreo)

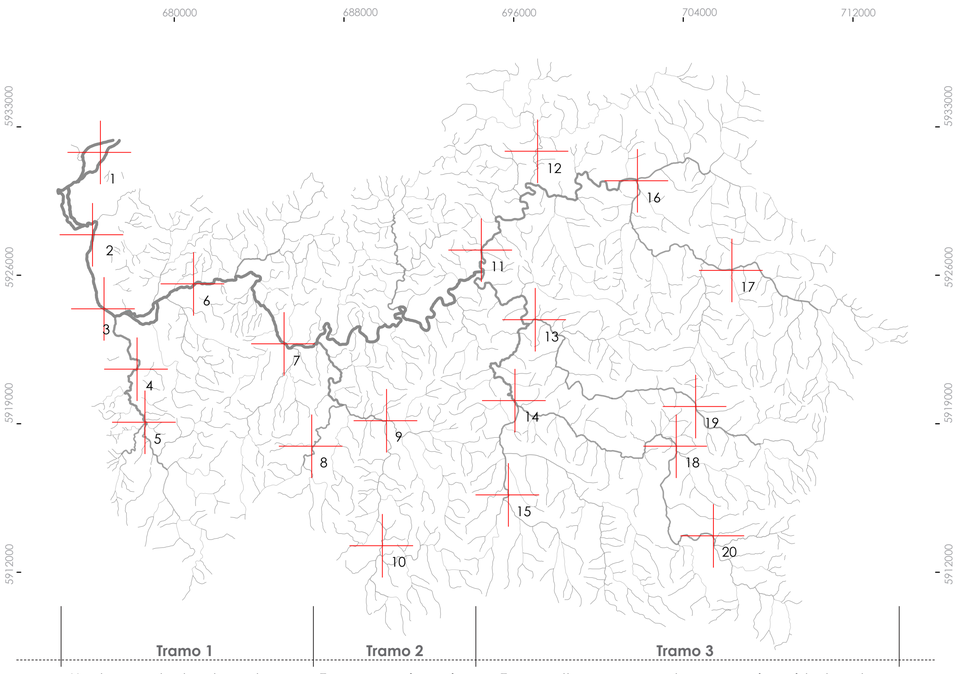
Luego de recolectar la información, se asignó una tabla de valores. El trabajo en gabinete se llevó a cabo utilizando como base la caracterización geomorfológica de la cuenca del Andalién de Jaque E. (2008), la base cartográfica y fotogramétrica las cartas topográficas, escala 1:50.000 de Concepción, Talcahuano, Hualqui, Ñipas y Florida del instituto geográfico militar de Chile (IGM. 1970), las fotografías aéreas escala 1: 40.000 (SAF. 1992) y Orto fotografía del Área metropolitana de Concepción (MIMVU.2002) más la herramienta de visualización Google Earth Pro. Con imágenes actuales del año 2015.

Para obtener una valoración única de "condiciones morfológicas" (índice de condiciones morfológicas ICM), la valoración de las alteraciones en variables geomorfológicas (subíndice ICM-G) se combinarán con la valoración de la estructura y calidad ribereña (subíndice ICM-R).

Los valores resultantes fueron categorizados de la siguiente manera:

4,01 – 5	3,01 – 4	2,01 – 3	1,01 – 2	0 – 1
Muy bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Muy malo

Red hídrica con jerarquías y puntos de muestreo

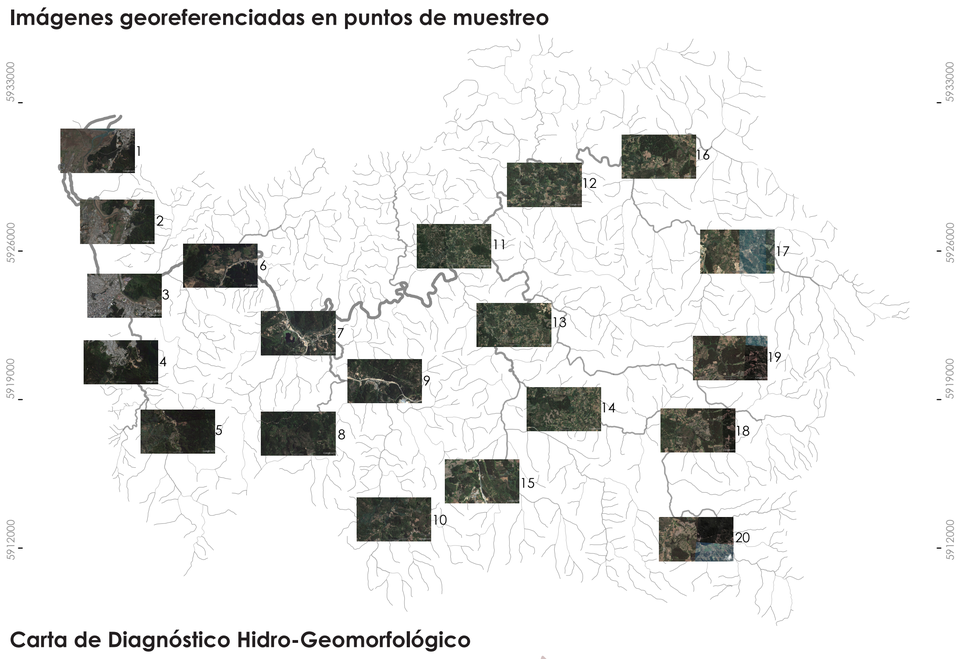


Un tramo de la desembocadura que presenta gran actividad urbana e industrial en sus alrededores

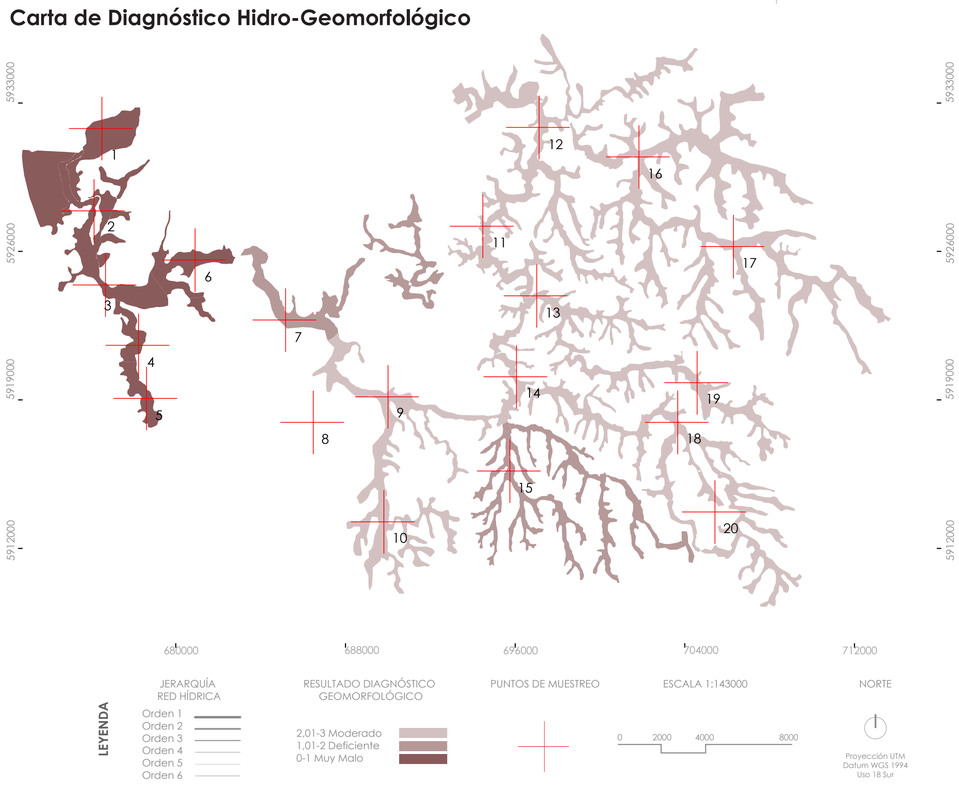
Tramo semiencajado de mayor caudal que confluye por el valle hasta el área litoral

Tramo alto con curso de escasa sinuosidad en la zona cordillerana costera de la región del Biobío.

Imágenes georeferenciadas en puntos de muestreo



Carta de Diagnóstico Hidro-Geomorfológico



RESULTADOS

OBSERVACIÓN DE INDICADORES DE DINÁMICA DE SEDIMENTOS (MÁX. 10 PUNTOS)

VARIABLE	VALORACIÓN				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
					PUNTOS DE MUESTREO																			
Movilidad del sedimento superficial	efectiva 2		limitada 0		2	2	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	2	2	2	0	0	2	0	2
Acorazamiento	moderado 2	débil 1		fuerte 0	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1
Finos cubriendo sedimentos	no 1		sí 0		0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	2	1	0	1	1	1	0	0	0
Imbricación	marcada 2	tenue 1		inexistente 0	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1
Madera muerta	abundante 1		escasa 0		0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
Colonización vegetal en el cauce	nula 2	escasa 1		abundante o moderada 0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1
RIESGO DE DÉFICIT DE SEDIMENTOS POR ACCIÓN HUMANA (MÁX. 20 PUNTOS)																								
Retención en presas	no 6	<20% sup. vertiente con retención 3	<80% sup. vertiente con retención 1	>80% sup. vertiente con retención 0	3	3	1	1	1	3	3	6	3	6	6	6	3	1	3	6	6	1	1	3
Por usos en la cuenca y aguas arriba	no 2	moderados 1		importantes 0	0	0	1	0	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1
Por acciones en el cauce	no 4	puntuales 2	moderadas 1	importantes 0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2
Por acciones en las márgenes	no 4	puntuales 2	moderadas 1	importantes 0	0	0	0	0	1	0	0	4	4	2	1	2	4	4	2	2	1	4	4	4
Por desconexión con laderas y morfologías laterales	no 2	puntuales 1	importantes 0	si no hay condiciones de aporte lateral se suprime y se recalcula el resto sobre 20	0	0	0	0	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2
Por acciones en afluentes directos	no 2	puntuales 1	importantes 0	si no hay afluentes se suprime y se recalcula el resto sobre 20	0	0	0	0	1	2	2	2	1	2	1	1	1	0	1	2	1	0	0	1
RIESGO DE ALTERACIONES EN EL TRANSPORTE (MÁX. 10 PUNTOS)																								
Por azudes	no 5	<1 azud/10 km 3	<1 azud/km 1	>1 azud/km 0	1	0	1	1	1	1	1	5	3	5	5	5	5	3	3	5	5	3	3	5
Por otros elementos y acciones en el cauce	no 5	puntuales 2	moderadas 1	importantes 0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	5	2	1	0	5	2	2	2	5	5	0
				TOTAL (/8)	1,0	0,9	0,9	1,0	1,9	2,0	2,0	3,6	2,9	3,5	3,3	3,4	3,1	2,6	2,5	3,4	3,5	2,8	2,5	3,0
CONDICIONES MORFOLÓGICAS. VALORACIÓN DE LAS VARIABLES GEOMORFOLÓGICAS (SUBÍNDICE ICM-G)																								
ALTERACIONES EN LA FORMA, PROFUNDIDAD Y ANCHURA DEL CAUCE (MÁX. 20 PUNTOS)																								
Indirectamente generando cambio de tipo	no 2	< 5% longitud masa 1		> 5% longitud masa 0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Directamente en la forma en planta	no 4	< 5% longitud masa 2	< 10% longitud 1	> 10% longitud masa 0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
En llanura de inundación o espacio inundable	no 2	< 5% longitud masa 1		>10% longitud masa 0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
Por encauzamientos	no 4	<5% longitud masa 2	< 10% longitud 1	>10% longitud masa 0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	4	4	1	1	2	4		1	1	1
Por dragados y extracciones	no 4	puntuales 1		importantes 0	1	1	0	1	1	0	0		4	1	0	0	4	4	0	1	4	4	1	4
Por elementos transversales	no 3	< 1 estructura/5 km 1		> 1 estructura/5 km 0	0	0	0	1	1	3	1	0	1	0	3	1	1	0	1	1	1	0	0	1
Por otros elementos y estructuras	no 1		sí 0		0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
ALTERACIONES EN LA ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO (MÁX. 10 PUNTOS)																								
VARIABLE	**VALORACIÓN**																							
Síntomas de incisión o acreción por causas antropogénicas	no 2		sí 0		0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2
Por remociones, extracciones o dragados	no 4		puntuales 1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	4	1	1	1	4	1	1	1	4
Por estructuras de fondo	no 4	<1 estructura / 5 km 2	<1 estructura / km 1	>1 estructura / km 0	2	0	0	0	0	2	0	4	1	4	2	2	1	4	2	2	0	4	4	4
				TOTAL (/6)	0,8	0,3	0,3	0,7	0,8	1,7	0,7	1,3	1,7	2,0	2,2	2,5	2,0	2,3	1,3	2,5	1,7	2,2	2,0	2,8
RESULTADO DEL ÍNDICE					0,9	0,6	0,6	0,8	1,4	1,8	1,3	2,5	2,3	2,8	2,7	2,9	2,6	2,5	1,9	2,9	2,6	2,5	2,3	2,9
PUNTOS DE MUESTREO					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3

Fotografías de alteraciones encontradas en los tres tramos geomorfológicos

CONCLUSIONES

El deterioro geomorfológico que presenta la cuenca del río Andalién en general y más evidente en la zona baja de la cuenca nos muestra un escenario para poner en práctica posibles soluciones desde la planificación estratégica adaptativa del territorio, como de la restauración de los ecosistemas. Principalmente el área más afectada que refleja este instrumento en base a la dinámica geomorfológica del cauce, coincide con parte del área metropolitana de Concepción. Esta importante urbanización de Chile contrasta con las capacidades físicas del territorio de fundación, el cual ofrece ciertas restricciones a las actividades humanas debido a que es un área muy afectada por variados tipos de riesgos naturales (Rojas et al. 2009). A causa del acelerado crecimiento poblacional las ciudades de la intercomuna, especialmente Concepción, saturan los buenos sitios de fundación y desbordan hacia áreas con grandes dificultades para su manejo expuestas a fuertes índices de peligrosidad natural, aumentando con ello la probabilidad de ocurrencia de catástrofes (Mardones y Vidal, 2001, en Rojas et al., 2009).

A raíz de esta expansión urbana y el gran crecimiento de esta área se hace a la vez más necesario el obtener fuentes de materias primas para sostener este proceso, esto se interrelaciona con lo que sucede en el tramo medio de la cuenca del Andalién, donde la extracción de áridos (arena, gravas, ripio, etc.) desestabiliza las laderas de la zona media del cauce provocando una baja sedimentación en la parte baja de la cuenca. Actividades de este tipo se deben ordenar en cuanto a funcionamiento y a la vez obtener estudios en detalle para determinar la extracción de este tipo de materiales en las laderas aledañas a los cauces de los ríos.

Por otro lado, la zona alta de la cuenca presenta un deterioro hidrogemorfológico asociado al modelo forestal presente en la mayoría de la superficie de la cuenca. Francke S. et al. (2004) menciona la erosión como primera problemática atribuida al monocultivo forestal y malas prácticas agrícolas, seguido de la deforestación y la reducción de la fertilidad (degradación química). Agravado además por, la degradación biológica, la compactación del suelo, la mala calidad de las aguas y la contaminación por pesticidas.

En resumen, la cuenca en río Andalién es diversa en términos geomorfológicos y sociales. En su interior podemos encontrar escenarios tanto urbanos como rurales que juegan un papel importante como factores que condicionan el deterioro en diferentes escalas y tiempos. Este cauce proporciona un elemento de gran importancia para el funcionamiento de estos sistemas,así el agua, ya sea como pilar fundamental para la agricultura en la parte superior o para el funcionamiento de los ecosistemas(humedales) y su biomasa en la parte inferior es el elemento más frágil y necesario para generar conciencia de lo que este diagnóstico revela.

La dinámica hidrogeomorfológica está directa mente relacionada con las actividades que en la cuenca se desarrollan, se destaca este escenario con un estado regular a nivel general, que condiciona y da paso para iniciar estudios y proyectos que involucren las visiones de restauración fluvial y que sean capaces de solucionar problemáticas geomorfológicas y con esto también, entregar herramientas a la sociedad en la convivencia con los sistemas naturales llamados ríos.

REFERENCIAS

Aliste E. (2011). Territorio y huellas territoriales: una memoria del espacio vivido en el Gran Concepción, Chile. Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 23, jan./jun, UFPR, 2011 p. 25-38.

Baeriswyl, S. (2010) Crecimiento urbano del Gran Concepción, patrones y tendencias de una metropolización. En Chile: del país Urbano al país metropolitano. Rodrigo Hidalgo, Carlos De Mattos y Federico Arenas (Editores). Geolibros - Instituto de Geografía Pontificia Universidad Católica de Santiago p. 241-255.

Francke S., Vargas R., Williams E., Pinto M., Yoma R., (2004) Recuperación de Suelos Degradados en el Marco del DL – 701 de Fomento Forestal (Período 2000 – 2003) Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos. (www.conaf.cl), Santiago de Chile.

Jaque E. (1996) Análisis integrado de los sistemas naturales de la cuenca del Río Andalién: Bases para la planificación ecológica del territorio de la cuenca. Tesis Doctoral, Universidad de Concepción.

Jaque E. (2008) Geomorfología de la Cuenca del río Andalién. Chile. Revista Geográfica del Norte Grande. N°143 pp. 97-116.

Jaque E. (2014) Proposición de un modelo de evaluación de erodabilidad hídrica para las cuencas costeras mediterráneas: caso de estudio cuenca del río Andalién. Revista geográfica del norte grande. N 213 pp. 17-52.

Mardones, M. y Vidal, C (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. En: Revista EURE N°81. Vol. XXVII. Septiembre 2001. Santiago Chile. p.97 -122.

Ministerio de Obras Públicas, MOP Chile (2015). Dirección de Planeamiento y Urbanismo.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU Chile (2015). PRMC,Departamento de Desarrollo Urbano e Infraestructura, Secretaria Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, Región del Biobío.

Ollero A., Ballarín D., Díaz E., Mora D., Sánchez M., Acín V., Echeverría M., Granado D., González A, Sánchez L. y Sánchez N. D. B. (2008). IHG: Un Índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas. Asociación Ibérica de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409. 171-188

Ollero A. Ballarín D. y Mora D. (2009) aplicación del índice hidrogeomorfológico IGH en la cuenca del Ebro. Guía metodología. Tecnología de agua, 278, pp. 36-41.

Pérez, L. y Salinas, E. Crecimiento urbano y globalización: transformaciones del Área Metropolitana de Concepción, Chile, 1992-2002. Scripta Nova, Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 2007, Nº 251.

Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Dawson, F.H., Fox, P.J.A., Everard, M., Fozzard, I.R., Rouen, K.J. (1998) River Habitat Survey: the physical cha racter of rivers and streams in the UK and Isle of Man. Environment Agency, Bristol, 85 p.

Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Charrier, P., Dawson, F.H., Naura, M. and Boon, P.J. (2002) Towards a harmonized approach for hydromorphological assessment of rivers in Europe: a qualitative comparison of three survey methods. Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems, 12: 405-424.

Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Scarlett, P., Furse, M. and Barquín, J. (2009) River habitat survey in the Picos de Europa, Northern Spain. Environment Agency and Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, 34 p.

Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Vaughan, I.P., Dawson, F.H. and Scarlett, P. (2010) Benchmarking habitat quality: observations using River Habitat Survey on near-natural streams and rivers in northern and western Europe. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 20: S13-S30.

Rojas, C., Opazo, S. &Jaque E. (2009). Dinámica y Patrones de Crecimiento del Área Metropolitana de Concepción. Tendencias de las últimas décadas. En Chile: Del país Urbano al país metropolitano. Rodrigo Hidalgo., Carlos De Mattos y Federico Arenas (Editores). Geolibros - Instituto de Geografía Pontificia Universidad Católica de Santiago, 257 – 268.

Romero, H. et al, (2010). Cambios Climáticos y climas urbanos: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. En Revista Invi Nº 70 / November 2010 / Volume Nº 25: 151-179.

Strahler A.N. y Strahler A.H (1997): Geografía Física. Ediciones Omega, Barcelona. 160-165 pp.

Thorne, C.R. (1998) Stream reconnaissance handbook: geomorphological investigation and analysis of river channels. Wiley, Chichester.133 p.

Thorne, C.R. (2002) Geomorphic analysis of large alluvial rivers. Geomorphology, 44: 203-219.

Vidal C., Romero H., (2010) Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Biobío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. En Concepción Metropolitano (AMC). Planes, Procesos y Proyectos", Serie Geolibros, PUC-Centro EULA, Santiago de Chile, 2010, pp. 123-149.

Fuentes Cartográficas: Elaboración propia de los autores Parra, J. y Espinosa, E. en base a archivos digitales de Jaque, Edilia (1996) y Catastro de bosque nativo CONAF (2008).

Fuentes Fotográficas: Los autores y Google Earth-Pro.