

**SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**  
**XXIV CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE EXTRACCIONES DE ÁRIDOS Y LA  
SOCAVACIÓN DE LOS PUENTES EN LA RUTA PANAMERICANA ENTRE  
SANTIAGO Y OSORNO**

**GERALDINE ALVAREZ<sup>1</sup>**  
**OSCAR LINK<sup>1</sup>**

**RESUMEN**

Los áridos por su uso en la fabricación de hormigones constituyen un recurso natural fundamental para la construcción masiva de obras de infraestructura, contribuyendo al desarrollo de la economía del país. La extracción de áridos desde el cauce presenta ventajas comparativas importantes ya que los áridos no poseen finos. Sin embargo, ésta práctica ha sido mundialmente reconocida como muy dañina debido a los grandes impactos geomorfológicos, hidrológicos y ambientales que causa, especialmente la incisión de ríos, lo que contribuye a la socavación de cepas de puentes y aumenta el riesgo de falla. ¿Son todas las extracciones de áridos desde el cauce peligrosas para los puentes?, ¿Existe un umbral de volumen a extraer sin provocar daños en los puentes?, ¿Qué tan importante es el número de extracciones a lo largo del río y cuál es el efecto de la distancia con respecto a la cepa del Puente? En éste documento se responde a éstas preguntas, basado en resultados obtenidos mediante un análisis estadístico de la relación entre la socavación observada alrededor de cepas de puentes y las extracciones de áridos realizadas desde el cauce. Se inspeccionaron 31 puentes ubicados entre Santiago y Osorno. Los resultados muestran que: (1) La socavación en puentes (> 80%) se explica por el volumen de la extracción más grande situada en el río donde está inserto el puente, (2) Una extracción grande (> 300.000 m<sup>3</sup>), es más perjudicial que varias extracciones pequeñas a lo largo del río que sumen el mismo volumen, y (3) La distancia entre la extracción de áridos y el puente sólo contribuye a la socavación en casos donde la extracción posee grandes volúmenes de extracción. En base a esto, se sugiere que la normativa asociada a las extracciones de áridos en Chile, sea modernizada, incorporando estas consideraciones. Así mismo, se sugiere tomar medidas reparatorias que restauren la condición de diseño de los puentes para disminuir el riesgo de falla de los puentes.

---

<sup>1</sup>Estudiante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción – geraalvarez@udec.cl

<sup>1</sup>Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción – [olink@udec.cl](mailto:olink@udec.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los áridos por su uso en la fabricación de hormigones constituyen un recurso natural fundamental para la construcción masiva de obras de infraestructura, contribuyendo al desarrollo de la economía de los países (Gavriletea, 2017). La industria de material agregado tiene el porcentaje más alto dentro de las actividades mineras de minerales no combustibles en todo el mundo (Menegaki y Kaliampakos, 2010). El consumo mundial anual de arena se estima en 15 mil millones de toneladas, avaluado en 70 mil millones de dólares (UNEP, 2014).

Un desequilibrio entre la cantidad disponible de arena y grava en los ríos y la gran demanda, lleva a la sobreexplotación y a extracciones de áridos ilegales. Rege (2015) estimó que la extracción ilegal de arena era alrededor del 30% del total de la explotación de la India. Según datos del Servicio de Impacto Ambiental (SEIA, 2019), 245 proyectos de explotación de arena y grava legales comenzaron en Chile entre 1997 y 2019, y algunos de ellos se extenderán hasta 2030, totalizando un volumen anual de 9.5 millones de m<sup>3</sup> en 2019, con una tasa de incremento del 1% cada año. El 52% del volumen anual total declarado corresponde a extracciones de áridos obtenidas desde el cauce. Al mismo tiempo, a partir de las estimaciones de la demanda de cemento obtenidas de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC, 2019) se deduce que el consumo anual de material agregado para la realización de la mezcla del hormigón, es al menos 15 millones de m<sup>3</sup>, y por lo tanto Chile tendría extracciones ilegales en un porcentaje similar al de India.

Las principales ventajas de la explotación de arena y grava desde el cauce, a diferencia de pozos o extracciones en planicies de inundación son (Kondolf, 1994a): (a) el material ya está granulado, redondeado, y libre de sedimento fino; (b) la fuente del material se encuentra cercana al destino, o carreteras, disminuyendo así el costo de transporte; (c) los sedimentos de canales activos se pueden extraer fácilmente (no es necesaria la realización de canteras profundas), requieren poco procesamiento, y se sustituyen periódicamente desde aguas arriba durante los eventos de crecida.

Se han identificado importantes impactos geomorfológicos, hidrológicos y ecológicos de la extracción de áridos desde el cauce. Un déficit de sedimentos provocada por ésta actividad, induce un desequilibrio entre la capacidad de arrastre y la cantidad de sedimentos disponible en río, causando incisiones aguas arriba y abajo de la fosa de extracción, provocando inestabilidad lateral del canal, cambio de patrón de canales, acorazamiento del lecho, avulsión de canal en la zonas de inundación y migración del pozo de extracción (Rinaldi, 2005; Luo, 2007; Martin Vide et. al 2010).

Es por esto y otras razones más, que en Reino Unido, Alemania, Francia, Holanda y Suiza, se prohibió la remoción de material agregado desde el cauce. En otros países como Italia, Portugal, USA, Canadá y Grecia, se permite bajo ciertas restricciones (Kondolf, 1997; Gavriletea, 2017).

La degradación del río causada por las extracciones de arena y grava, se superpone con la socavación local en las cepas de los puentes, aumentando el riesgo de falla en ellos (Kondolf, 1997) debido a una disminución de capacidad de carga, que comúnmente provoca el colapso (Chen *et al.* 2018). La socavación en puentes es un fenómeno complejo, ya que se rige por

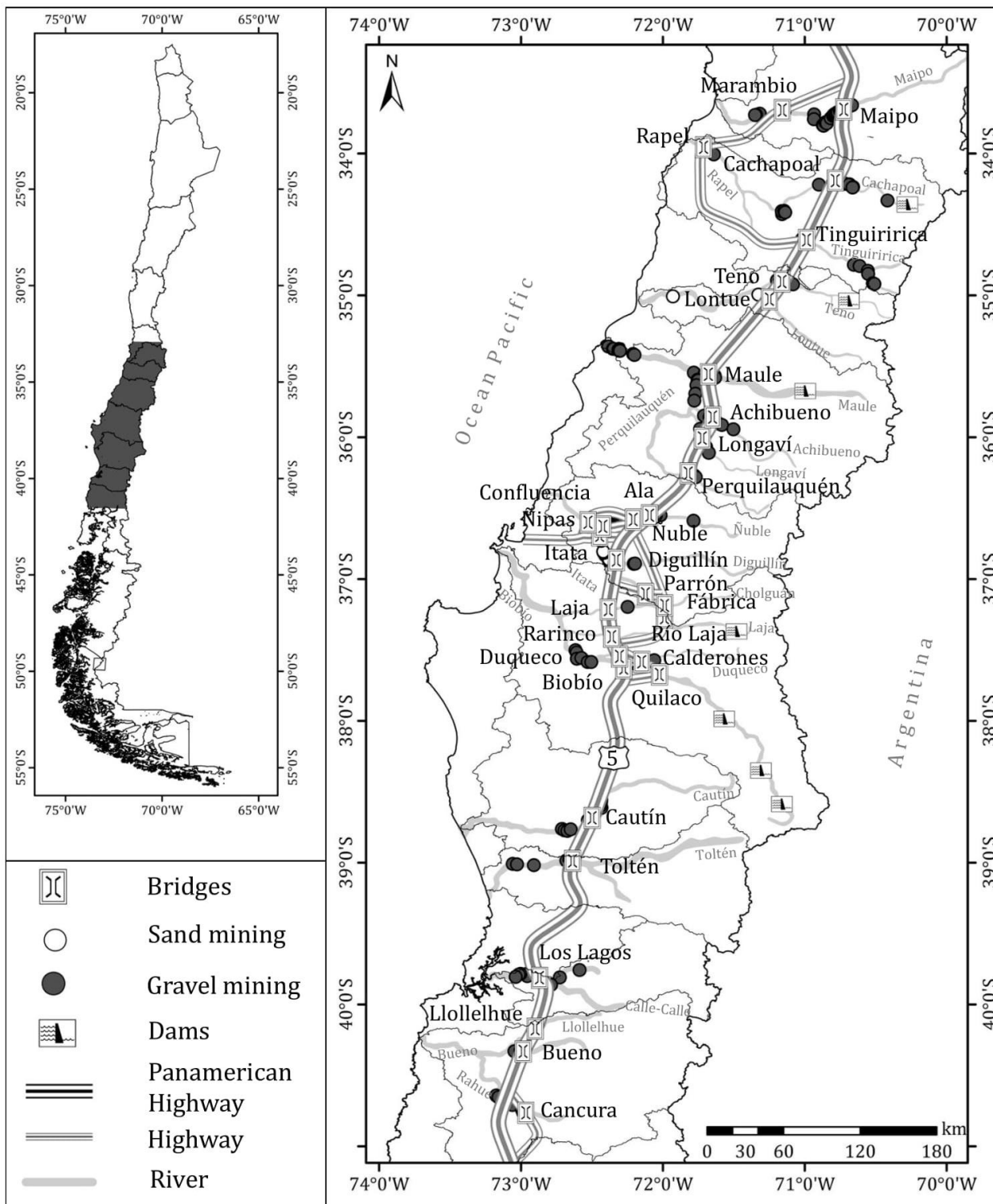
caudales inestables y se contrarresta temporalmente por la depositación de sedimentos en la recesión de las crecidas (Link *et al.* 2019). En Chile, las normas existentes establecen que las extracciones deben ubicarse a más de 500 m de un puente (DOH, 2019). En parte, los puentes fallan debido al efecto combinado de la erosión generalizada e incisión del canal provocada por las extracciones de áridos y socavación general. Al mismo tiempo, en el mundo hay una gran cantidad de puentes que están expuestos a estos efectos y exhiben diferentes grado de daño, sin colapsar. ¿Son todas las extracciones de áridos obtenidas desde el cauce peligrosas para los puentes?, ¿Existe un umbral de volúmenes de áridos a extraer desde el río sin provocar daños en los puentes?, ¿Qué tan importante es el número de extracciones a lo largo del río y cuál es el efecto distancia con respecto a la cepa del puente?, ¿Hay opciones de manejo o acciones que permitan disminuir las fallas de los puentes provocadas por las extracciones de áridos?

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de Estudio**

El área de estudio está compuesta por 32 puentes emplazados en 10 grandes cuencas de Chile entre  $-33^{\circ} 34' 54''$  y  $-40^{\circ}43'24''$ . 21 de ellos están situados en la ruta Panamericana, y otros 11 están en rutas alejadas con alta demanda de flujo vehicular.

Se analizaron las interacciones entre las extracciones de áridos situadas a un radio de 40 km del puente en estudio y la socavación de sus cepas observadas en terreno. La Figura 1, muestra la ubicación de los puentes y extracciones analizadas. Cabe mencionar, que en uno de los puentes, Maipo, no fue posible determinar la altura de socavación a la que estaba sometido, ya que, se encontraba en proceso de reparación.



**Figura 1:** Ubicación de puentes en estudio y principales zonas de extracción

## Caracterización de los Sitios de Puentes

Cada sitio de estudio fue inspeccionado durante campañas a terreno realizados entre abril del 2017 y mayo del 2018. Se midió la geometría de los puentes.

Para obtener las características hidrológicas, se obtuvo el tamaño del área de la cuenca a través de imágenes satelitales SRTM (USGS, 2018) con *Software* ArcGis (resolución 90 m x 30 m).

En el caso de los caudales medios anuales en el punto de estudio, se obtuvieron a partir de transposición de cuencas con datos de caudales máximos instantáneos a partir de datos presentes en estaciones de la DGA (DGA, 2018)

El análisis granulométrico, se realizó a través de conteo de Wolman (Wolman, 1954) para aquellos lechos de grava. Para aquellos de arena, se tomó muestras que fueron secadas y tamizadas. Caracterizando la muestra mediante diámetros característicos  $D_{16}$ ,  $D_{50}$  y  $D_{90}$ .

El caudal sólido de los ríos fue obtenido a través de datos informados en proyectos de extracciones de áridos aceptados por Servicio de Impacto Ambiental (SEIA, 2018)

La socavación general se determinó como la suma de la degradación del lecho del río y la socavación local. La Figura 2 muestra ejemplos de medición de campo de la degradación del lecho del río y erosión local. Siendo ésta medición comparada con la cota del lecho original, obtenida por observación in-situ y planos originales de puentes, obtenidos a través de Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2017).



**Figura 2.** Ejemplos de degradación cauce observado (izquierda) y socavación local (derecha)

## Caracterización de Extracciones de Áridos desde el Cauce

Se realizó un catastro en los cauces que conforman la zona de estudio, estimando la cantidad de volumen extraído directamente desde el canal activo en un radio de 40 km alrededor del puente, determinando los principales pozos de extracción, técnica utilizada para remover sedimentos (excavadora, excavadora hidráulica o draga), volumen extraído directamente desde el canal activo, distancia con respecto a puentes en estudio, granulometría removida y periodo de producción de cada extracción. Estos datos fueron obtenidos mediante proyectos aceptados por Servicio de Impacto Ambiental (SEIA), información obtenida mediante la Ley de Transparencia (Ley N° 20285, 2009) a través de la Dirección de Obras Hidráulicas y Google Earth. Con esta última herramienta se determinó aquellas extracciones ilegales y su magnitud.

Para el caso de extracciones ilegales de gran magnitud no registradas en SEIA ni DOH, fueron buscadas en aquellos registros de proyectos rechazados/abandonados disponibles en SEIA y se utilizó volumen y periodo de explotación solicitado. En caso de no haber estado presente dentro de las solicitudes, se comparó el tamaño de la fosa de extracción con algún proyecto similar dentro de la zona, obteniendo un volumen aproximado. Para el periodo de explotación se tomó el registrado por imágenes satelitales temporales disponibles en *Google Earth*.

### **Análisis Estadístico: Relación entre Extracciones de Áridos y Socavación de Puentes en Estudio**

Se utilizó el análisis de varianza unifactorial (ANOVA) a través de *software* XLSTAT para encontrar las principales variables que influyen estadísticamente en la socavación de puentes observadas in-situ. Para esto se aplicó el método *backward* de regresión múltiple con 95% de confianza, considerando como variable dependiente la socavación del puente estudiado y las variables independientes a características hidrológicas y de extracciones de áridos en la zona. Éstas variables no estaban correlacionadas entre sí (poseen un  $R^2 < 0,6$  entre ellas) y su significancia fue evaluada por test t, test de Fisher y Pr, obteniendo su influencia y puntos atípicos.

Además la muestra se agrupó en *Clusters*, es decir, en grupos heterogéneos entre sí, pero con muestras homogéneas. Se realizó mediante el método de aglomeración jerárquica (Ward, 1963) para detectar similitudes entre los sitios de puentes multivariantes a través de *software* SPSS.

## **3. RESULTADOS**

### **Características de Área de Estudio**

Los ríos en la zona de estudio son de tamaño medio, con una superficie media de la cuenca de 3,720 km<sup>2</sup> con caudales medios que oscilan entre los 9 y 581 m<sup>3</sup>/s. Los puentes estudiados se distribuyen a lo largo de 950 km de norte a sur en una estrecha franja de 25 m de ancho. Tienen edades entre los 3 y 98 años, con un promedio de 29 años. Los planos originales que indican el nivel del lecho original de las cepas de puentes estaban disponibles para 58% de puentes en estudio. El diámetro de las cepas varió entre 0.5 y 10 m. El 13% de los puentes estaba emplazado en lechos de arena, mientras que el otro 87% estaba en lechos de grava. Sólo tres de los puentes analizados no presentaron extracciones de áridos desde el cauce, mientras que el puente Cancura, presentó la mayor cantidad de extracciones, con 61 sitios, seguido del puente Ñipas con 35 extracciones y los puentes Ala y Ñuble con 27 extracciones cada uno. De las extracciones identificadas, el 25% de ellas estaban a menos de 5 km del puente estudiado y 15% del total eran ilegales. Se destaca además que el volumen anual de extracción de gran magnitud (300,000 m<sup>3</sup> anuales) está presente en el 62% de la muestra, con un máximo de 1.17 millones de m<sup>3</sup> en el puente Cancura. Ocho de los 31 puentes se encuentran en tramos de ríos que poseen una presa aguas arriba. Cuatro de los puentes estudiados no presentaron socavación, mientras que la socavación promedio en el área de estudio fue de 1.2 m, con una socavación relativa máxima observada de 2.3 en el puente Marambio.

## Las Relaciones entre las Extracciones de Áridos y la Socavación

Según lo expuesto en metodología, mediante el *Software* XLSTAT se realizó un modelo de regresión lineal múltiple y así a través de un análisis de varianza unifactorial (ANOVA) se determinó las variables que predominan la socavación generalizada. Para esto se realizó un análisis con intervalos de confianza del 95% y tolerancia del 0.0001. Se consideró variables hidrológicas y de extracciones de áridos. Se realizó a través de método Backward, obteniendo que las variables que explican estadísticamente la socavación corresponde a la edad de puente (años), volumen de extracción (m<sup>3</sup>/s) y distancia de extracción hacia el puente (km) en valor absoluto.

Para 31 observaciones se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.74 y coeficiente de determinación ajustado de 0.71, es decir, el modelo no está sobredimensionado. Las variables entre sí poseen una correlación menor al 0.2, lo que quiere decir que ninguna de ellas está correlacionada entre sí, por ende, todas son independientes.

A través de indicadores como test de Fisher ( $F = 25.8 > 3.84$ ) y Pr ( $0.0001 < 0.05$ ) se observó que existe una relación lineal estadísticamente significativa entre la socavación (variable dependiente) y el volumen de extracción y su distancia con respecto al puente (variables independientes), según:

$$\text{Degradación (m)} = 3.1\text{E} - 07 \times \text{Volumen} - 1.9\text{E} - 02 \times \text{Distancia} \quad (1)$$

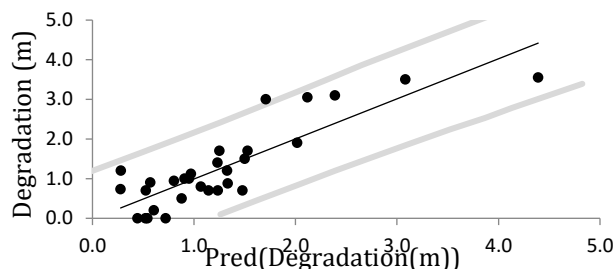
Tabla 1: Coeficientes estandarizados

Source	Value	Standard error	t	Pr >  t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
V (m <sup>3</sup> )	8.1E-01	9.9E-02	8.2	< 0.0001	6.1E-01	1.0E+00
Distancia	-2.4E-01	1.0E-01	-2.4	2.5E-02	-4.4E-01	-3.2E-02

En la tabla X, se muestran los valores estandarizados en la ecuación. Lo que indica que el volumen tiene un peso de 81% en la ecuación, mientras que la distancia un 24%. Muestra que estadísticamente el volumen de extracción más invasivo por un periodo de 10 años en el cauce explica el 81% de la socavación a la que está sometida el puente en estudio. Si se evalúan los demás coeficientes se muestra que la variable edad con un test t de 1.8 ( $t < 1.96$ ) y un Pr de 0.084 ( $\text{Pr} > 0.05$ ) es estadísticamente nula en la ecuación.

La Figura 3 muestra el gráfico de la degradación obtenida por modelo estadístico vs. la degradación observada en terreno. La nube de puntos central indica la buena relación obtenida por modelo entre la degradación y el volumen de extracción y su distancia. Las líneas continuas indican el intervalo de confianza de 5%.





**Figura 3.** Socavación observada versus calculada con modelo estadístico

### Análisis de Clusters

La muestra en estudio se clasificó en diferentes *clusters*, que son heterogéneos entre sí, pero sus muestras son relativamente homogéneas. Para esto se identificaron cuatro grupos en base a la socavación observada, edad de puente, la extracción de volumen máximo y su distancia al puente. La Tabla 3 muestra los puentes en cada grupo.

**Tabla 2.** Cluster de puentes

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Rapel	Marambio	Cachapoal	Tinguirirca
Ñipas	Longaví	Ñuble	teno
Diguillín	Calderones	Ala	Lontué
Parrón	Cancura	Itata	Maule
Río Laja		Laja	Achibueno
Quilaco		Duqueco	Perquillauquén
		Cautín	Confluencia
		Toltén	Fábrica
		Los Lagos	Rarincó
			Biobío
			Río Bueno
			Llollehue

El grupo 1, se compone de puentes con socavación moderada de alrededor de 1.3 m, y que poseen una edad superior a su vida útil (> 60 años), con una extracción anual total de alrededor de 200,000 m<sup>3</sup> a distancias largas, de aproximadamente 20 km. El grupo 2, está compuesto por puentes que poseen grandes socavaciones (promedio 3.3 m), y se encuentran en la mitad de su vida útil (aproximadamente 30 años), sometidos a enormes extracciones de alrededor de 1 millón de m<sup>3</sup> por año a distancias cortas (3.3 km). Finalmente los grupos 3 y 4 incluyen puentes con socavaciones pequeñas y edades similares (18 – 19 años). El grupo 3 presentó volúmenes de extracción de aproximadamente 300.000 m<sup>3</sup>/año y ocurren a grandes distancias de los puentes (en un radio de 26 km), mientras que grupo 4 presentó volúmenes de extracción de aproximadamente 100.000 m<sup>3</sup> por año a distancias cortas de 2 km aproximadamente.

## DISCUSIÓN

La evidencia muestra que los puentes colapsan con frecuencia, en parte a causa de las extracciones de áridos directamente desde el cauce, pero al mismo tiempo, puentes de todo el mundo han estado sometidos a éstos efectos por largos periodos de tiempo sin que hayan colapsado, exhibiendo diferentes grados de socavación. En este estudio se analizaron 31 sitios de puentes con diferentes socavaciones (0 – 3.5 m) expuestas a diversas extracciones de áridos en el cauce donde están emplazadas, en un radio de 40 km del sitio del puente. El 45% de los puentes fueron expuestos a los efectos de grandes extracciones, es decir, más de 300.000 m<sup>3</sup>/año. Las fosas de extracción de arena, generalmente se generan mediante dragas con profundidades de más de 16 m.

Los resultados mostraron que la socavación del puente es controlada principalmente por el volumen máximo de extracciones que están 40 km aguas arriba y abajo del puente en estudio. La distancia entre las extracciones de áridos y el puente es importante solo para excavaciones con volúmenes grandes, es decir, extracciones anuales superiores a los 300.000 m<sup>3</sup>.

Una gran extracción en el cauce, provoca más socavación que varias extracciones pequeñas con el mismo volumen en total de extracción, de acuerdo al estudio experimental de Haghazadeh *et al.* (2019) sobre los efectos de la distancia entre dos pozos de arena en el rellenado de pozos de aguas abajo. Por ejemplo, Puente Laja y Diguillín, presentan una socavación baja del orden de 0 – 0.8 m respectivamente, con correspondientes volúmenes de extracción máximas de 1.5 y 3 millones m<sup>3</sup>/año, mientras que Maule y Calderones presentan socavación moderada y grave de 1.4 – 3 m respectivamente, con los correspondientes volúmenes máximos de extracción de 2 y 3 millones m<sup>3</sup>/año.

## CONCLUSIONES

Se analizó la socavación en 31 puentes de Chile y su relación con las extracciones de áridos desde el cauce. Se estudiaron 31 puentes ubicados sobre 10 grandes ríos de Chile, 21 de ellos a lo largo de 950 km de la ruta Panamericana entre las ciudades Santiago y Osorno.

El análisis estadístico mostró que:

- 1) La socavación se explica (> 80% ) por el volumen de extracción más grande.
- 2) Una extracción grande (> 300.000 m<sup>3</sup> / año) es más perjudicial que varias extracciones más pequeñas con el mismo volumen total de extracción.
- 3) La distancia entre la extracción.

Si bien la extracción de áridos es sumamente necesaria para el desarrollo de países como Chile, resulta vital modernizar las normas vigentes a fin de reducir el riesgo de falla de puentes. En particular, se propone limitar el volumen de extracción anual en pozos cercanos a puentes, respetando que la excavación se mantenga sobre la media del nivel del lecho en base a la pendiente longitudinal. El monitoreo periódico del transporte sólidos ayudaría mucho a incrementar la precisión de los estudios de extracciones de áridos que actualmente se realizan sobre la base de estimaciones calculadas con fórmulas empíricas.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) por el financiamiento otorgado a través del proyecto FONDECYT N°1150997 “Bridge pier scour under flood waves”.

## REFERENCIAS

- Arróspide, F., Mao, L., & Escauriaza, C. (2018). Morphological evolution of the Maipo River in central Chile: Influence of instream gravel mining. *Geomorphology*, 306, 182-197.
- Avila, C. (2016). 25 years of fixing bridges on gravel mined rivers in California. In *Scour and Erosion: Proceedings of the 8th International Conference on Scour and Erosion* (Oxford, UK, 12-15 September 2016) (p. 3). CRC Press.
- Chen, W., Zhang, S., Li, R., & Shahabi, H. (2018). Performance evaluation of the GIS-based data mining techniques of best-first decision tree, random forest, and naïve Bayes tree for landslide susceptibility modeling. *Science of the total environment*, 644, 1006-1018.
- Ettmer B, Orth F, & Link O. (2015) “Live-bed scour at bridge piers in a lightweight Polystyrene bed” *Journal of Hydraulic Engineering* 141(9):1-10.
- Freedman, J. A., Carline, R. F., & Stauffer Jr, J. R. (2013). Gravel dredging alters diversity and structure of riverine fish assemblages. *Freshwater Biology*, 58(2), 261-274.
- Hoffmans, G. J. C. M., and H. J. Verheij. *Scour Manual*. Vol. 96. CRC Press, 1997.
- Kondolf GM. 1994a. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. *Landscape and Urban Planning* 28: 225–243.
- Kondolf, G. M. (1997). PROFILE: hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental management*, 21(4), 533-551. *Process Understanding to River Restoration*. *Developments in Earth Surface Processes* vol. 11. Elsevier., pp. 525–553.
- Luo, X. L., Zeng, E. Y., Ji, R. Y., & Wang, C. P. (2007). Effects of in-channel sand excavation on the hydrology of the Pearl River Delta, China. *Journal of Hydrology*, 343(3-4), 230-239.
- Martín-Vide, J. P., Ferrer-Boix, C., & Ollero, A. (2010). Incision due to gravel mining: modeling a case study from the Gállego River, Spain. *Geomorphology*, 117(3-4), 261-271.
- Menegaki, M. E., & Kaliampakos, D. C. (2010). European aggregates production: Drivers, correlations and trends. *Resources policy*, 35(3), 235-244.
- MOP (2017). *Instrucciones y criterios de diseño. Manual de Carreteras Volumen 3*. Chile
- Rinaldi, M., Wyżga, B., & Surian, N. (2005). Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. *River research and applications*, 21(7), 805-828.

- Times of India, ToI (2018) <https://timesofindia.indiatimes.com/city/mangaluru/karnataka-bridge-built-across-phalguni-river-collapses/articleshow/64736771.cms>
- United Nations Environment Programme, UNEP (2014). Sand, Rarer Than One Thinks. March 2014. Available online: [http://www.unep.org/pdf/UNEP\\_GEAS\\_March\\_2014.pdf](http://www.unep.org/pdf/UNEP_GEAS_March_2014.pdf)
- USGS (2018) <https://earthquake.usgs.gov/>
- Villioth, J. (2014). Building an Economy on Quicksand. Available online: <http://www.ejolt.org/2014/08/building-an-economy-on-quicksand/>
- Servicio de Impacto Ambiental. SEIA (2019). <https://www.sea.gob.cl/>
- Surian, N., Rinaldi, M., 2003. Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology* 50 (4), 307–326.
- WyZ' ga, B., 2007. 20 a review on channel incision in the polish carpathian rivers during the 20th century. In: Habersack, H., Piegay, H., Rinaldi, M. (Eds.), *Gravel-Bed Rivers VI: From*