

ARTICULO N° 4

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR LA CANTIDAD DE ÁRIDOS APROVECHABLES DE MANERA SOSTENIBLE, EN ZONAS FLUVIALES DE MONTAÑA POTENCIALES DE EXPLOTACIÓN, CON ESCASA INFORMACIÓN DISPONIBLE EN BOLIVIA

4

Autor: M. Sc. Ing. Mario Carmelo Gamarra Mendoza,
Docente: Investigador Centro de Investigación del Agua (CIAGUA)
Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Correo electrónico: mariogamarra@uajms.edu.bo

RESUMEN

En Bolivia existen escasas referencias sobre la determinación de la recarga de áridos o agregados, en cauces naturales o zonas fluviales, cuando la información disponible es escasa. Esta situación es recurrente, pues tenemos también escasa información que se recopila para éste propósito, porque las instituciones encargadas de gestionar el manejo de áridos, no recurren a solicitarla al concesionario de la zona de explotación de áridos, ni es parte de las actividades de control que desarrollan con propósitos técnico-ambiental que permitan estimar la capacidad de recarga de una cuenca de aporte de sedimentos (áridos). El presente trabajo pretende responder esta necesidad en las zonas de explotación de áridos, planteando un método para estimar la producción de áridos en zonas con escasa información disponible.

Palabras Claves

Explotación de áridos y agregados, Cauce del

río, Capacidad de reposición o recarga, Potencial de explotación.

INTRODUCCIÓN

En Bolivia la normativa referida a la explotación de áridos es incipiente, y sostiene una evolución histórica que se resume en la Tabla 1:

[en la siguiente página>>](#)

La normativa define competencias, funciones y responsabilidades de los actores involucrados con la actividad de explotación de áridos, considerando el sistema político-administrativo del Estado Plurinacional de Bolivia.

Existe normativa sobre áridos y agregados en Bolivia enfocada en la calidad del material para un uso específico, administrada por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IB-NORCA), específicamente sobre hormigones. Por tanto no brinda criterios para cuantificar los áridos y agregados presentes en las zonas

Normativa	Fecha	Descripción
<i>Ley N°1333</i>	27/04/1992	Ley de Medio Ambiente
<i>Ley N°1777</i>	17/03/1997	Código de Minería
<i>Ley N°1788</i>	16/09/1997	Ley de Organización del Poder Ejecutivo – Crea el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP)
<i>Decreto Supremo N°25134</i>	21/08/1998	Sistema Nacional de Carreteras (SNC)
<i>Decreto Supremo N°28590</i>	20/01/2006	Reglamento Ambiental Minero para el Aprovechamiento de Áridos en Cursos de Ríos y Afluentes
<i>Decreto Supremo N°28946</i>	25/11/2006	Reglamento Parcial a la Ley 3507 – Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)
<i>Constitución Política del Estado</i>	07/02/2009	Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia
<i>Ley N°3425</i>	20/06/2006	Se determina la competencia de los Gobiernos Municipales en el manejo de los áridos o agregados, en coordinación con las organizaciones campesinas y las comunidades colindantes con los ríos.
<i>Decreto Supremo N°91</i>	22/04/2009	Aprueba el Reglamento a la Ley N° 3425, de 20 de junio de 2006, para el Aprovechamiento y Explotación de Áridos y Agregados (RAEAA), y el Reglamento Ambiental para el Aprovechamiento de Áridos y Agregados (RAAA)
<i>Nota MM/DS/471.DDP 166/2009</i>	06/11/2009	Guía Técnica para el Aprovechamiento de Áridos en Cauces de Ríos y Afluentes (GTAACRA)
<i>Ley N°031</i>	19/07/2010	Ley Marco de Autonomías y Descentralización

aprovechables.

La normativa actual no permite inferir cómo determinar el potencial aprovechamiento de áridos en las zonas explotables, y consecuentemente afecta el control de su manejo, para garantizar su sostenibilidad de la actividad y evitar daños ambientales previsibles.

Ferrer i Boix y Martín Vide (2005), y Uribelarrea del Val (2008), permiten inferir la necesidad de información para realizar un estudio detallado sobre la morfología del cauce y la producción y transporte de sedimentos, que permita estimar el balance de sedimentos y asimismo la posible incisión (erosión) o avulsión (sedimentación) del cauce. La información requerida se resume en la Tabla 2: [en la siguiente pagina](#)>

En Bolivia, la carencia de información se debe a que el sector dedicado a la explotación de áridos no está organizado, y por ello la información es escasa, sin registro, monitoreo, sistematización ni estadísticas sobre áridos, tanto en el sector público como privado.

Los reglamentos RAEAA y RAAA, y la GTAACRA establecen conceptos y criterios técnicos para abordar el análisis de las actividades de explotación de áridos en Bolivia. La definición de áridos y agregados es:

🔦 **Áridos y Agregados:** Se considera como áridos y agregados a la arena, cascajo, ripio, piedra, grava, gravilla, arenilla, arcilla y turba, que se encuentran en forma superficial o de forma subterránea en las

Tabla 2: Información requerida para realizar un estudio de producción de áridos y agregados

Información	Descripción
<i>Cartografía / Topografía</i>	Secciones transversales del cauce con frecuencia temporal, Perfil longitudinal del cauce con frecuencia temporal, Modelo digital del terreno, Geomorfología / Fluviomorfología del cauce
<i>Hidrología</i>	Niveles diarios e instantáneos, Caudales diarios e instantáneos
<i>Imagen Satelital</i>	Imágenes satelitales multitemporales
<i>Fotografía Aérea</i>	Fotografías aéreas multitemporales
<i>Granulometría</i>	Granulometría superficial y subsuperficial de áridos del cauce y de los sectores de explotación
<i>Extracción de Áridos</i>	Concesiones y volúmenes de extracción de áridos
<i>Estructuras Hidráulicas</i>	Puentes, alcantarillas, obras de protección desarrollo longitudinal y transversal al cauce, obras de captación de agua

Fuente: Elaboración propia

cuencas, en los lechos, abanicos, cursos y/o márgenes de los ríos activos o secos y que son utilizados en actividades relacionadas a la construcción. (RAEAA, 2009, art. 3, inc. a)

En la anterior definición se establece el destino de los áridos y agregados en el mercado de las actividades de la construcción y el origen del material únicamente con la red fluvial de la cuenca. La siguiente definición establece el rol de la planificación en las actividades de explotación de áridos y las variables que permiten regular la actividad:

🔗 Plan de Manejo de Áridos y Agregados en Cuencas o Micro Cuencas (PMAAC): Conjunto de instrumentos técnicos y métodos de gestión, resultantes de un proceso participativo de planificación de aprovechamiento y explotación de áridos y agregados, basado en la evaluación de las características del medio físico, biótico, cultural y el potencial de áridos y

agregados en la cuenca, elaborado de acuerdo a las normas y prescripciones de protección y sostenibilidad y debidamente aprobado por la autoridad competente. Plan que define un manejo responsable durante la extracción, tratamiento y comercialización de áridos y agregados, tomando en cuenta la capacidad de reposición o recarga, precautelando el recurso hídrico y el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas. (RAEAA, 2009, art. 3, inc. w)

El PMAAC debe considerar la capacidad de reposición o recarga. La elaboración del PMAAC en Bolivia sostuvo escasas experiencias en algunas cuencas o Municipios específicos como se detalla a continuación: [en la siguiente pagina tabla 3>>](#)

(*) Se infiere la fecha del tratamiento de las imágenes satelitales empleadas en el estudio

Adicionalmente se observa la necesidad de recurrir a la definición según normativa, de un elemento fluvial en específico

Tabla 3: Listado de experiencias de elaboración de PMAAC en Bolivia

Instancia Político-Administrativa	Departamento	Año	Documento
Municipio de San Ramón	<i>Santa Cruz</i>	2009	Plan de Manejo para el Aprovechamiento, Procesamiento y Transporte de Áridos y Agregados en el Municipio de San Ramón
Gobierno Municipal de El Torno	<i>Santa Cruz</i>	2010(*)	Plan de Manejo para el Aprovechamiento de Áridos Municipio de El Torno
Municipio de Achacachi	<i>La Paz</i>	2011	Plan de Manejo de Áridos y Agregados y Reglamento Municipal de Áridos y Agregados del Río Keka
Municipio de El Alto	<i>La Paz</i>	2014	Plan de Aprovechamiento de Explotación de Áridos y Agregados para las Microcuencas Seco, Seke y Negro de El Alto
Municipio de Padcaya	<i>Tarija</i>	2017	Formulación Manejo y Aprovechamiento de Áridos Municipio de Padcaya

Fuente: Elaboración propia

como lo es el cauce:

- ❖ Cauce de río: Corresponde a la superficie que el agua ocupa y desocupa en crecidas periódicas ordinarias. (RAEAA, 2009, art. 3, inc. k)

Es en este contexto los áridos se pueden categorizar según su origen en: 1) Árido de Cauce, y 2) Árido de Banco fuera de Cauce.

Los anteriores conceptos manifestados, permiten establecer dos tipos de volúmenes de áridos a determinar, para de esta manera definir los regímenes de explotación sostenibles, mediante un análisis comparativo:

- a. Recarga de áridos a la zona de explotación.- volumen de áridos que son transportados al sector de explotación a través del sistema fluvial, debido a la configuración espacial de la geología, tipo de suelo, vegetación, e hidrometeorología que presente en la cuenca.
- b. Potencial de explotación de la zona de extracción de áridos.- volumen de áridos que se encuentran en la zona de explota-

ción de áridos, y que son susceptibles de aprovechamiento para fines constructivos, considerando las limitaciones asociadas a las técnicas que favorecen su adecuada extracción y transporte.

Recarga de áridos a la zona de explotación

El reconocimiento de la naturaleza dinámica del cauce, establece que es necesario realizar un análisis de los áridos considerando un modelo morfológico de transporte de sedimentos, que permita evaluar los diferentes tipos de erosión.

- ❖ Peviani (1993) menciona que para el análisis de cambios morfológicos en un río en largos períodos de tiempo es comúnmente aceptado considerar un ingreso anual equivalente de agua y sedimentos dentro del sistema, asumiéndolo constante a lo largo del año. En realidad, estos ingresos distan de ser constantes, presentando al menos, dos grandes variaciones: los cambios estacionales (intra-anales) y los ciclos hidrológicos (plurianuales). Asimismo, los cambios morfológicos debidos a eventos

extremos, caracterizados por grandes lluvias, como también, grandes incorporaciones de sedimentos alimentando el curso de agua, pueden permanecer durante un gran período de tiempo. A su vez, la capacidad de transporte de sedimentos del río no es una función lineal de los caudales líquidos ni de los tamaños de los granos del sedimento, significando que el sistema reacciona en forma diferente dependiendo de la intensidad de las fluctuaciones hidrológicas y sedimentológicas. (Generación y Transporte de Sedimentos en la Alta Cuenca del Río Bermejo. Impacto en la Hidrovía, Delta del Paraná y Río de la Plata. Informe Final - Informe LHA 177-04-99, 1999)

El transporte de sedimentos en la región presenta un comportamiento específico, que se detalla a continuación:

💡 ...De los datos disponibles en la estación San Juancito (Agua y Energía Eléctrica, 1991, Argentina), el transporte sólido total en suspensión promedio anual, resulta cercano a 4,500,000 tn. Considerando, a partir de la granulometría del sedimento en suspensión recopilada, que alrededor del 12 % del material es grueso, se tiene que el transporte en suspensión grueso promedio anual es del orden de los 540,000 tn... Realizando un el mismo análisis para la estación Bajada de Pinto se llega a que el transporte de sólido de gruesos en suspensión para un año promedio es de 250,000 tn. (12 % del total, de acuerdo a la granulometría). El cálculo del transporte de arrastre en la capa del fondo (QB) resulto ser variable con respecto a los valores de transporte de sólido grueso en suspensión (QB_s) medido. En términos generales, para bajos caudales líquidos el QB es mayor a QB_s... En la estación de aforos Caimancito se obtiene que, el transporte de sólido de gruesos en suspensión para un año promedio resulta

alrededor de 2,500,000 tn. (15 % según el dato puntual de granulometría). El cálculo del transporte por arrastre en la capa del fondo (QB) resultó ser también variable, como en las secciones anteriores, y con valores que fluctúan entre 0.5 y 1.5 del valor del grueso suspendido (Q_{sG}) según los caudales líquidos... (Generación y Transporte de Sedimentos en la Alta Cuenca del Río Bermejo. Impacto en la Hidrovía, Delta del Paraná y Río de la Plata. Informe Final - Informe LHA 177-04-99, 1999)

En las referencias descritas en las líneas superiores, las variables que intervienen son parte del modelo numérico simplificado en gran escala de tiempo, para representar la evolución morfológica de ríos de montaña, y que emplea un conjunto de ecuaciones diferenciales que describe el fenómeno físico (Di Silvio y Peviani, 1991), y que son empleadas en el modelo ANDES desarrollado por el Instituto Nacional del Agua (INA, Argentina). Las variables se describen a continuación: Q_s: transporte sólido (kg/s) ó (m³/s), Q_{sT}: sólidos totales aforados en suspensión (finos + gruesos, arcillas y limos más arenas), Q_{BT}: transporte total del material presente en el fondo, Q_B: transporte en suspensión del material presente en el fondo, Q_{sG}: transporte en suspensión de material grueso, mayor a 62 μm . (arenas), Q_B: transporte del material de fondo en la capa de arrastre, Q_{sF}: transporte en suspensión de material fino (arcillas y limos - carga de lavado).

Considerando los porcentajes que corresponden a la carga en suspensión y la carga de fondo de sedimentos, que se presentan, podemos asumir en promedio un valor equivalente a 12 % para cada uno, respecto de la carga total de sedimentos en suspensión. Estos valores son validados por otros estudios regionales realizados por diversos autores, como los mencionados en el estudio sedimentológico de la cuenca alta del río Pilcomayo (Malbrunot A., 2006), que

detalla las conclusiones del análisis realizado en el sitio Talula sobre el Río Pilcomayo, concluyendo que el arrastre de fondo representa 12% del transporte sólido total (Vollmers y Palenque, 1983), y un valor en cuencas andinas de la Amazonia boliviana igual a 10% (Guyot JL, 1993).

Se interpreta que existe una proporción regional de los valores porcentuales que componen el tipo de transporte de sedimentos, lo que a su vez permite establecer un parámetro de referencia para estimar los valores del aporte sólido por arrastre de fondo, en función de los valores del transporte sólido total.

La producción de sedimentos totales en suspensión puede ser estimada por medio de la aplicación del Modelo de Erosión Potencial de Djorovic-Gavrilovic, debido a que ha tenido una aplicación a nivel regional que ha validado su empleo. Los estudios regionales se detallan en la bibliografía citada al final del presente documento.

Potencial de explotación de la zona de extracción de áridos

El volumen susceptible de ser explotado en los cauces, considera criterios relacionados con la aptitud de uso para fines constructivos, diámetro de los áridos, régimen de aprovechamiento, presencia de nivel freático, y operatividad de la zona de explotación de áridos.

El árido según su aptitud de uso constructivo, considera el diámetro del árido limitante: 1) Árido mayor a 6" (Empleo asociado a la construcción de: escollero de protección, pedraplén, otros), 2) Árido menor a 6" y mayor a 3" (Empleo asociado a la construcción de: estructuras de hormigón ciclópeo, gaviones, contrapiso, empedrado de caminos, otros), y 3) Árido menor a 3" (Empleo asociado a la construcción de: estructuras de hormigón armado, capa subbase, capa base, carpeta as-

fáltica, morteros, otros).

De acuerdo a la categorización del aprovechamiento establecida en el (RAEAA, art. 3, inc. c, d y e), se puede establecer una clasificación de los áridos según el tipo de régimen de explotación mensual permisible: 1) Aprovechamiento artesanal o actividad menor de áridos y agregados: menor a 500 m³, 2) Aprovechamiento industrial o actividad mayor de áridos y agregados: mayor a 500 m³, y 3) Aprovechamiento familiar, comunitario y de orden social: Régimen Mensual de Explotación de Áridos Permissible ilimitado, siempre que su empleo garantice la construcción de obras en beneficio de las comunidades donde se hallasen los áridos.

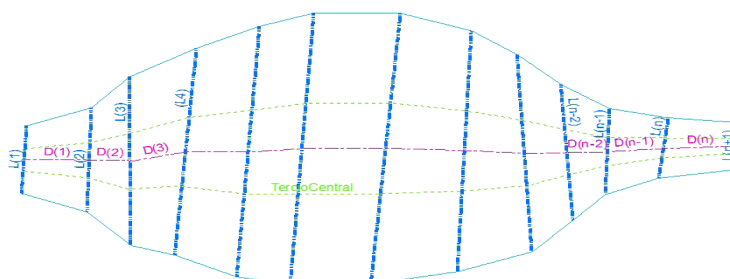
La presencia del Nivel Freático (NF) limita la profundidad de explotación de áridos, por los costos asociados para realizarla, dependiendo de la época del año en que se realiza la operación (húmeda o seca) y la geología local, por lo que más bien se adopta un criterio ligado a la profundidad trabajable que permite a un operador el fácil acceso a la fosa de excavación para la manipulación de una bomba de abatimiento del NF igual a 2 m. Las categorías se definen como sigue: 1) Con presencia de nivel freático: por debajo de 2 m el banco tiene limitaciones para su explotación, 2) Sin presencia de nivel freático: se considera que por encima de 2 m el banco no tiene limitaciones para su explotación.

Según limitación de explotación por la funcionalidad del árido en las operaciones a realizar para la extracción y transporte, se presentan los siguientes criterios: 1) Socioambiental: es el sector en las inmediaciones del cauce que debe permitir la protección de áreas por su importancia ambiental o porque cumple una función socioeconómica, es así que la superficie libre mojada en los cauces del río, las islas y las zonas cercanas a las terrazas ribereñas susceptibles de desarrollo de actividades agropecuarias por ejemplo, son de uso restringido. El RAAA, en su

art. 29 establece la definición del Área del Aprovechamiento, en el tercio central del ancho del río. 2) Operativa: es el sector en las inmediaciones del cauce que permite el acceso y manio-

brabilidad de la maquinaria de extracción y/o equipo de transporte, para el aprovechamiento de la zona de extracción de áridos, igual a 5 m a lo largo del cauce principal.

Figura 1: Esquema sobre la determinación del área de aprovechamiento en el tercio central del cauce



$$A_c = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n \frac{D_i(L_i + L_{i+1})}{2} = \frac{1}{3} A$$

(Fuente: Elaboración propia)

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología requiere la consecución de los siguientes pasos:

1. Elegir una imagen satelital de un periodo que no corresponda con un evento de desarrollo de La Niña, para considerar las recomendaciones de Peviani, con adecuada resolución.
2. Delimitación y determinación de las áreas de la zona potencial de explotación de áridos mediante el empleo de imágenes satelitales, a una escala adecuada, definiendo el cauce, islas y bancos de material grueso y fino. "A(aprovechable)"

$$A(\text{aprovechable}) = A(\text{cauce}) - A(\text{isla}) - A(\text{banco-árido})$$

3. Muestreo y ensayo granulométrico de los sedimentos del cauce, para diámetros menores a 3" por laboratorio, y medición o relevamiento fotográfico de diámetros mayores a 3" según la técnica del decámetro y/o la aplicación Rock/Sediment Gradation Analysis del software Hydraulic Toolbox 4.2.
4. Combinación de ambas granulometrías determinando el valor del porcentaje que pasa el diámetro del árido constructivo de la curva granulométrica integrada. "%(Pasa3")"

5. Estimación de las profundidades explotables in situ, mediante la inspección de los sectores explotables y la consulta a los operadores y/o comunarios. "H(explotable)"
6. Estimación del área aprovechable de la zona de explotación, considerando el tercio central del área del cauce. "A(ambiental)"

$$A(\text{ambiental}) = A(\text{cauce}) / 3$$

7. Estimación del volumen de reserva de áridos "V(reserva)"

$$V(\text{reserva}) = A(\text{aprovechable}) * H(\text{explotable}) * \%(\text{Pasa3}) / 100$$

8. Estimación de los volúmenes de producción de sedimentos, mediante la aplicación del método Djorovic-GavriloVIC, calibrando el modelo con información de la estación hidro-sedimentológica o el embalse con información de topobatimetría más cercana a la zona de explotación, considerando el promedio de los volúmenes de producción anual del inicio y fin de la zona de explotación de áridos evaluada "V(producción-sedimentos)"
9. Determinación del volumen de recarga de la zona de explotación de áridos "V(recarga)"

$$V(\text{recarga}) = V(\text{producción-sedimentos}) * 12\% / 100$$

10. Determinación del volumen ambiental "V(ambiental)"

$$V(\text{ambiental}) = A(\text{ambiental}) * H(\text{aprovechable}) * \%(\text{Pasa}3)$$

11. Determinación del volumen máximo de régimen de explotación mensual "V(rem)"

$$V(\text{rem}) = \min(V(\text{reserva}), V(\text{recarga}), V(\text{ambiental})) / 12$$

12. Comparación del volumen máximo de régimen de explotación mensual si es mayor o menor a 500 m³/mes.

RESULTADOS

Aplicando la metodología a las zonas de explotación de áridos del Municipio de Padcaya, se obtienen los siguientes resultados:

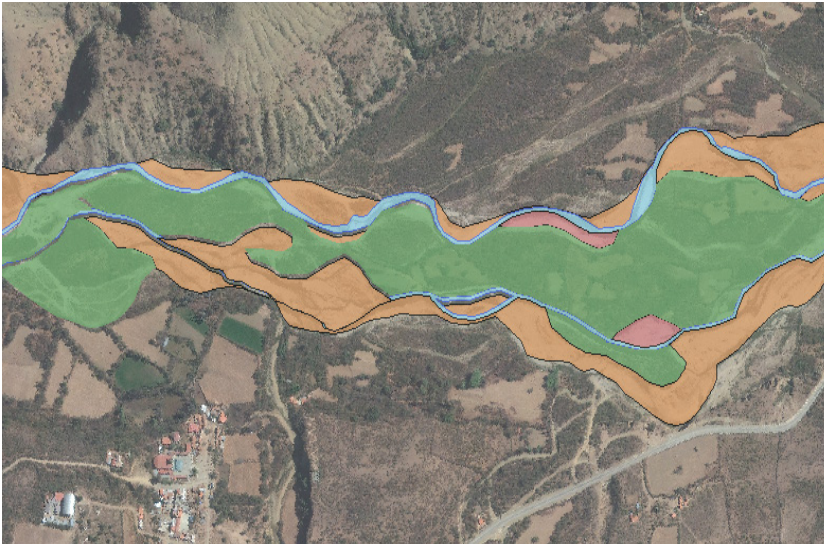


Figura 2: Delimitación de zonas aprovechables del cauce del Río Camacho, empleando imagen satelital

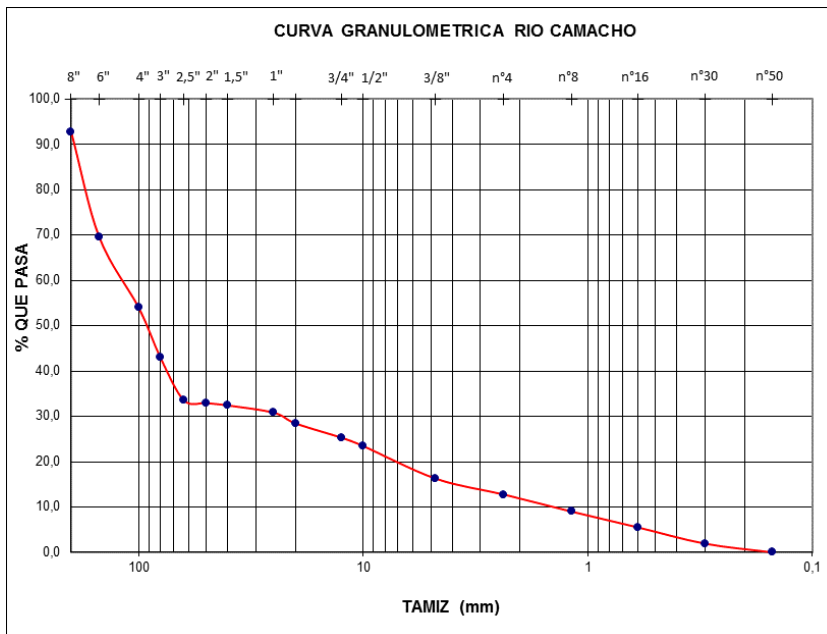


Figura 3: Granulometría integrada del cauce del Río Camacho

La metodología de Djorovic-Gavrilovic, se aplicó a todo el área de la Cuenca del Río Bermejo, considerando la desembocadura en el triángulo de Bermejo, en la confluencia de los Ríos Bermejo y Grande de Tarija, debido a que la calibración del modelo exige la acumulación del volumen de sedimentos producidos, considerando toda la cuenca y no así solamente el Municipio. La calibración se realizó empleando los valo-

res de atrape de sedimentos del Embalse San Jacinto y los valores de sedimentos aforados en las estaciones hidrosedimentológicas de Aguas Blancas y San Telmo, monitoreadas en Argentina.

A continuación, se presenta el mapa de producción de sedimentos de la cuenca del Río Bermejo, aplicando la metodología de Djorovic-Gavrilovic:

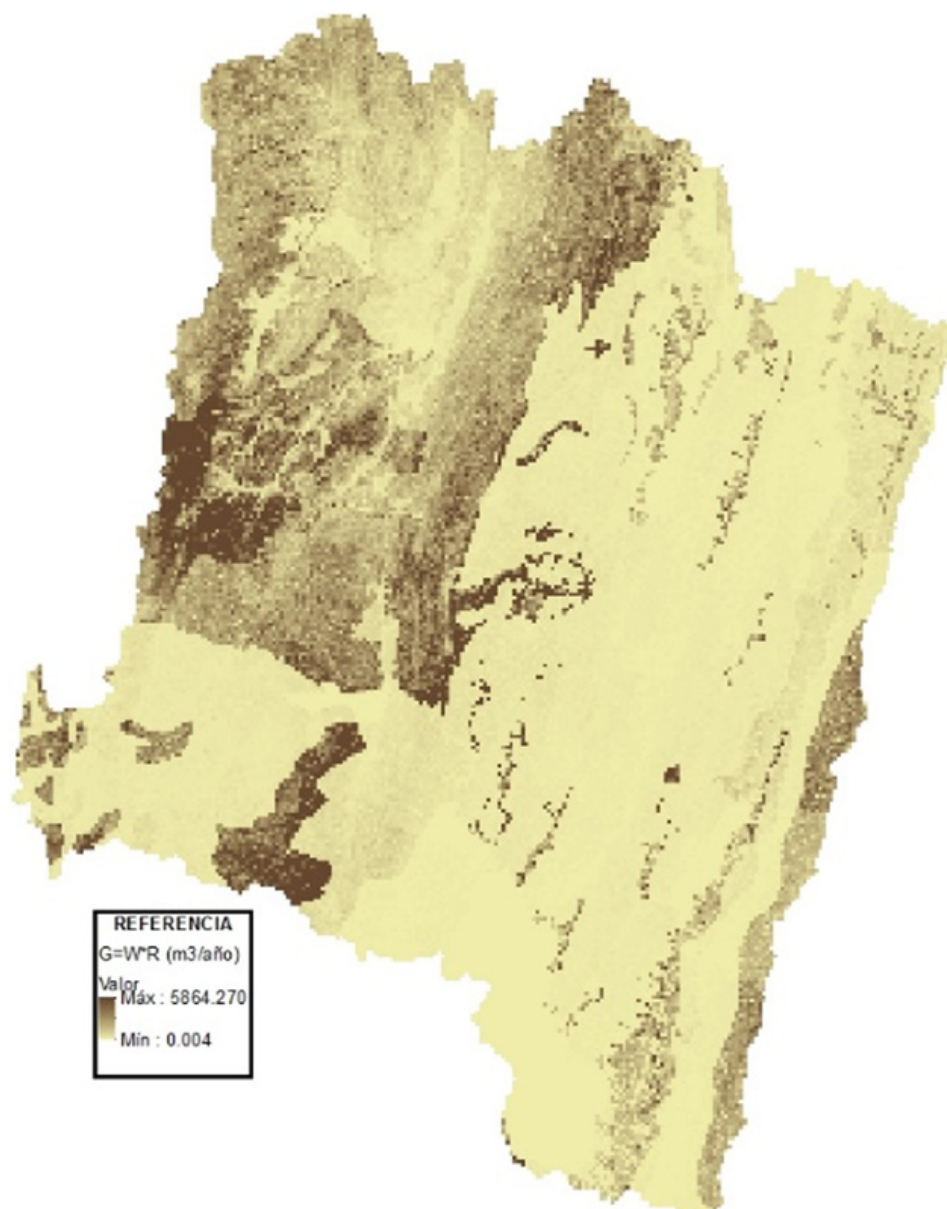


Figura 4: Producción de sedimentos cuenca del Río Bermejo / Modelo Djorovic-Gavrilovic calibrado (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 4: Comparación de volúmenes de producción y explotación de áridos en la Alta Cuenca del río Bermejo

Zona	Volumen Áridos Anual (m ³)			Régimen Explotación Mensual (m ³)	Máxima Área Anual de Explotación Concesionable en Cauce (m ²)	Máxima Profundidad de Explotación Concesionable en Cauce (m)
	Recarga	Ambiental Tercio Central, (<3", NF)	Potencial de Explotación (<3", NF)			
El Carmen Zona 1	9,734	6,699	8,806	733	21,383	0.60
El Carmen Zona 2	5,924	2,257	1,936	161	6,222	0.50
Emborozu	150,843	1,548,089	3,346,766	12,570	137,514	2.00
Limal	2,840	13,957	14,457	236	4,550	1.30
Mecoya Zona 1	784	1,238	1,609	65	3,517	0.40
Mecoya Zona 2	11,381	2,221	2,497	208	8,407	0.60
Nogalito	299,598	1,970,306	3,727,840	24,966	217,649	2.00
Orosas	7,891	211,634	388,071	657	5,164	2.00
Río Negro	136,839	1,434,785	1,637,804	11,403	155,872	2.00
El Zaire-Rosillas	10,690	163,496	189,718	890	7,557	2.00
San Antonio	812,858	2,080,447	3,160,254	67,738	731,687	2.00
Trementinal	366,011	750,851	2,605,023	30,500	324,384	1.80
San Telmo Bermejo	826,835	399,525	559,249	46,604	1,113,910	1.00
Rejara Zona 1	1,267	1,003	83	6	1,614	2.00
Rejara Zona 2	1,024	1,204	176	14	1,234	2.00
Camacho	142,385	1,118,688	1,629,361	11,865	120,325	2.00

Fuente: Elaboración propia

Las zonas resaltadas en color amarillo en **Tabla 4**, corresponden a las que se encuentran bajo un régimen de Aprovechamiento artesanal o al, mientras que el resto un Aprovechamiento industrial o actividad mayor de áridos y agregados.

DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología desarrollada, considera las siguientes conclusiones:

- 💡 El arrastre de fondo se define como el 12% del transporte sólido total.
- 💡 La extracción de los áridos debe realizarse en el tercio central del cauce.
- 💡 La pendiente máxima del cauce debe ser inferior al 5 % en la zona de explotación.

- 💡 La profundidad máxima de explotación recomendada es igual a 2 metros por debajo del lecho actual del cauce.
- 💡 El ancho del camino de acceso a las áreas de explotación de áridos debe considerar al menos 5 metros, para la adecuada maniobrabilidad de la maquinaria y la seguridad de las operaciones con la misma.
- 💡 Los desvíos del cauce para realizar el máximo aprovechamiento del tercio central debe ser técnicamente analizado por el solicitante de autorización para la explotación de un área aprovechable de áridos.
- 💡 Las actividades dentro de las zonas de explotación deben realizar sus operaciones a 100 metros aguas arriba o aguas abajo de alguna obra emplazada transversalmente.

te sobre el cauce fluvial, ya sea de origen privado o público. Esta distancia será sujeta a ajustes, siempre que el monitoreo continuo de sus actividades y los efectos de sus operaciones en el cauce, exponga luego de su análisis que la misma pueda ser modificada.

- ✦ La presente metodología es básica y puede emplearse en zonas/municipios donde se realice por primera vez el desarrollo de un Plan de Aprovechamiento de Áridos. Luego el monitoreo continuo deberá permitir la aplicación de técnicas que permitan precisar las estimaciones de los volúmenes aprovechables de áridos.
- ✦ Es importante desarrollar esfuerzos de nuevos estudios apoyándose en levantamientos aerofotogramétricos con drone, para precisar la evolución de las zonas de explotación, para poder estimar de mejor manera la extracción y la recarga en la zona de estudio, como así también la evolución fluviomorfológica del cauce.

BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

- ✦ Ferrer i Boix, C., y Martín Vide, J. P., (2005). Estudio Hidráulico y Morfodinámico del Río Gállego en Zaragoza. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- ✦ Uribelarrea del Val, D. (2008). Dinámica y Evolución de las llanuras aluviales de los Ríos Manzanares, Jarama y Tajo, entre las Ciudades de Madrid y Toledo (Tesis Doctoral), Universidad Complutense de Madrid, España.
- ✦ Malbrunot, A. (2006). Sedimentología de la cuenca alta del río Pilcomayo. Tarija, Bolivia: Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo.
- ✦ Brea, D. et al. (1999). Generación y Transporte de Sedimentos en la Alta Cuenca del Río Bermejo. Impacto en la Hidrovía, Delta del Paraná y Río de la Plata. Informe Final - Informe LHA 177-04-99. Argentina: Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija.
- ✦ Brea, D., Spalletti, P., Jaime, P. (2007). Estudios de Erosión, Transporte y Sedimentación en la Cuenca Alta del Río Pilcomayo. Bolivia: Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo.
- ✦ Gamarra, M., et al. (2017). Formulación Manejo y Aprovechamiento de Áridos Municipio de Padcaya. Padcaya, Tarija, Bolivia: Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo.