

## LA INADVERTIDA PRESENCIA DE LAS MINERÍAS DE ARENA EN LOS RÍOS DE VENEZUELA

### The unnoticed presence of sand mining in the rivers of Venezuela

Douglas Rodríguez-Olarte<sup>1\*</sup>, Sebastián T. Rodríguez<sup>1</sup> y Crispulo J. Marrero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Lara, Venezuela. <sup>2</sup>Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Guanare, Portuguesa, Venezuela.

\*douglasrodriguez@ucla.edu.ve.

### RESUMEN

Las minerías de arenas (arenas) son habituales en ríos de Venezuela. Se utilizaron imágenes satelitales para caracterizar este estresor en ríos de las cuencas del Lago de Maracaibo, Orinoco y vertiente del Caribe. Se detectaron 109 arenas, con la mayor concentración en el río Tuy, donde se estimó una frecuencia de 0,26 arenas por kilómetro de río. El tamaño promedio de las arenas fue 9,8 ha y el 61% se ubicó directamente en la orilla de los ríos. El efecto específico de las arenas sobre ríos, hábitats y biotas es muy poco conocido, pero los reportes regionales indican que la destrucción de cauces y el exceso de sedimentos en las aguas modifican el régimen de perturbaciones en estos sistemas lóticos y tienen efectos sobre la heterogeneidad del hábitat y la abundancia de organismos. Es prioritario iniciar programas de biomonitorio, restaurar los ríos impactados y valorar los pasivos ambientales generados.

**Palabras clave:** minerías de arena, estresor ambiental, monitoreo de ríos, recursos hidrobiológicos, conservación.

**Keywords:** sand mining, environmental stressor, river monitoring, hydrobiological resources, conservation.

### INTRODUCCIÓN

Las minerías fluviales de arenas y gravas o agregados, de aquí en adelante arenas, son estresores antrópicos extendidos por el planeta y ahora expandiéndose en las regiones tropicales y países en desarrollo, como respuesta a un incremento desmedido en la demanda global de materiales para la construcción (Koehnken *y col.*, 2020). Los ríos son la mayor y mejor fuente de arenas, pues estos acumulan grandes volúmenes de agregados con granulometrías variadas y agua para lavarlos, mientras que las arenas marinas requieren de profusos lavados para eliminar la sal, que es corrosiva en los metales, y las arenas de los desiertos tienen granos redondeados por erosión eólica que limitan la cementación (UNEP, 2014).

Las arenas generan variados impactos en los ríos. La pérdida de la cobertura y estructura de taludes, cauces y lechos, así como el incremento en la concentración de sedimentos y contaminantes en las aguas, se

reflejan en la erosión del cauce aguas arriba y debajo de las zonas de extracción. También se cuentan impactos en infraestructuras (ej. puentes), inestabilidad y desviación (capturas) de cauces, cambios en la extensión de inundaciones y en la estructura de estuarios y la calidad de acuíferos, por ejemplo (Rinaldi *y col.*, 2005; Ladson y Judd 2014). Igualmente, los efectos de la fragmentación y eliminación de hábitats ribereños y acuáticos son variados, incluyendo la deriva, migración y abundancia de especies (Koehnken *y col.*, 2020). Lo anterior se refleja en una pérdida de la integridad y la productividad del ecosistema.

En países asiáticos (ej. India) la intensidad y extracción de agregados fluviales es tan intensa que los ríos han perdido la capacidad de reposición natural de arenas y los mantos freáticos han disminuido de nivel (Padmalal *y col.*, 2008). La explotación de agregados fluviales en el Neotrópico es común pero escasamente evaluada y monitoreada. En algunos países (ej. Brasil) se reporta la reducción de tierras agrícolas y humedales por la expansión de las areneras (Ronquim *y col.*, 2017) o la erosión de cauces por excavación en muchos ríos de Costa Rica y Jamaica (Padmalal *y col.*, 2008). En Venezuela, las areneras son antiguas, extendidas y poco desarrolladas, estas se asocian principalmente en los flancos de las cordilleras de Mérida y de la Costa. Son escasos los reportes sobre estas minerías, reconociéndose aspectos generales sobre la relación causal de las areneras con la reducción del hábitat fluvial y la abundancia de las biotas (ej. Rodríguez-Olarte *y col.*, 2017; 2018).

La falta de estudios técnicos sobre las areneras fluviales en los países donde las mismas se están expandiendo limita una cuantificación de los volúmenes extraídos o el tipo y alcance de los impactos asociados (Koehnken *y col.*, 2020). A lo anterior se añade que en la región no se utilizan protocolos de extracción adecuados, en muchos casos las legislaciones son débiles para regular la explotación y el acceso a los registros gubernamentales puede ser limitado. Como parte del proyecto interinstitucional “Ríos en Riesgo de Venezuela”, en este trabajo se presenta una caracterización de atributos generales de las areneras en algunos ríos del país, para disponer así de datos e información con utilidad en el manejo y conservación de los recursos hidrobiológicos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Área de estudio.** Las areneras se ubicaron en las vertientes de las cordilleras de Mérida y de la Costa, que representan una extensa franja montañosa donde están la mayor parte de los drenajes al río Orinoco, Lago de Maracaibo y mar Caribe y donde se concentran los mayores centros urbanos (Tabla 1). En la mayoría de esos ríos se ha detectado la extracción artesanal e industrial de agregados, pero en los ríos Motatán, Turbio, Yaracuy y Tuy la explotación por esta minería es más extensa, por lo cual

fueron escogidos para esta evaluación. La siguiente descripción de estos ríos corresponde a registros disponibles en HydroATLAS (Linke y col., 2019) y reportes variados (COPLANARH, 1969; Suárez y Pacheco, 2008; Pelayo y Soriano, 2010; Rodríguez-Olarte y col., 2017; 2018).

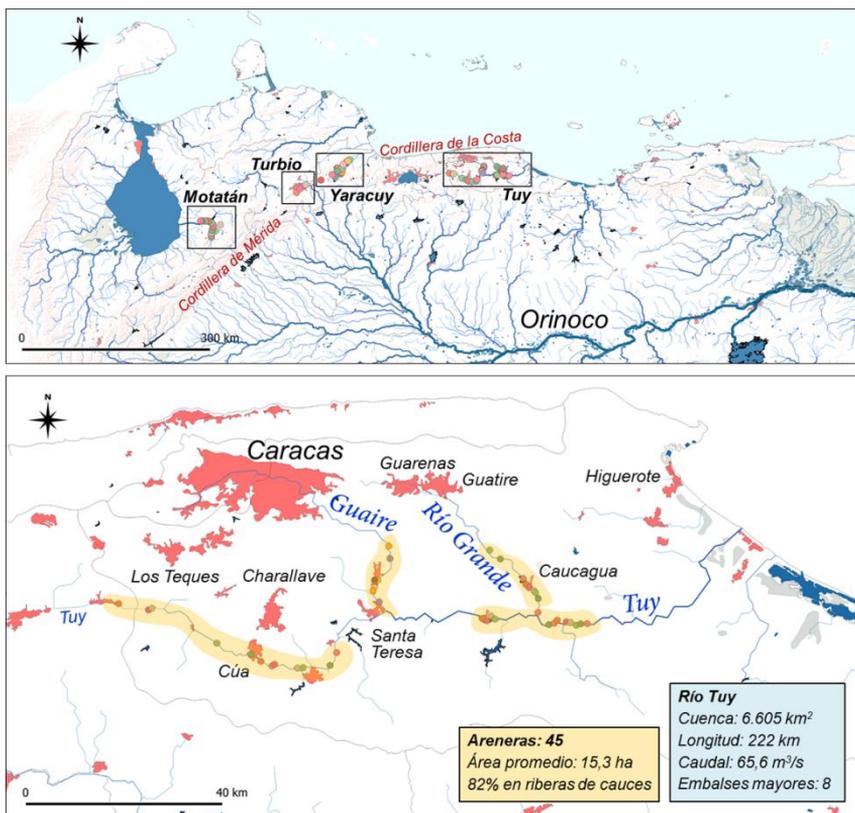
Río Motatán: El río Motatán (Figura 1) drena paisajes de montaña andina y planicies fluvio-lacustres y desemboca en la costa oriental del Lago de Maracaibo. El río Motatán se origina en el Nudo de Apartaderos. En las mayores alturas dominan las formaciones vegetales de páramos y bosques nublados, mientras que en la cuenca media aún existen relictos de bosques en las áreas más inaccesibles. En las planicies la intervención humana es muy extendida. Gran parte de las cabeceras están en los páramos y son protegidas por el parque nacional Sierra de la Culata (200.400 ha). La población urbana se concentra en el valle medio (Trujillo, Valera, Motatán, Pampanito) y en una franja a mayor altura, que es asociada con la actividad agrícola alrededor de los pueblos de Chachopo y Timotes. La elevada disponibilidad de agua y tierras muy fértiles ha sido basamento para que la cuenca se haya transformado en un emporio agrícola, donde se genera una buena parte de las hortalizas consumida en el país. El río Motatán ha sido represado (embalse Agua Viva) en la cuenca media.

**Tabla 1.** Características de los ríos Motatán, Turbio, Yaracuy y Tuy y las areneras asociadas. Los datos para las cuencas provienen de HydroATLAS (Linke y col., 2019) y reportes variados (ver texto).

	Ríos			
	Motatán	Turbio	Yaracuy	Tuy
<b>Cuenca</b>				
Drenaje	Maracaibo	Orinoco	Caribe	Caribe
Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	4977	2115	2481	6605
Intervalo de altimetría (msnm)	0-4000	465-2165	0-2100	0-2750
Precipitación (mm)	965-1200	514-1200	800-1500	826-2500
Cauce principal (km)	154	149	145	222
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	10 (72,7)	6,1	11,6	65,6
Población humana (millones)	0,65	1,45	0,49	4,54
Presas - embalses mayores	1	-	2	8
<b>Areneras</b>				
N° en cauce principal (y tributarios)	25 (4)	5 (3)	16 (11)	24 (21)
Intervalo de altura entre minas (msnm)	50-451	393-719	50-442	33-448
N° minas/km de río	0,49	0,16	0,24	0,14
Área promedio de minas (ha)	8,77	10,8	3,52	15,3
Área de minas por cuenca (ha)	210,4	53,82	91,59	601,1
Distancia promedio al cauce (m)	276,75	57,5	55,03	138,9
Minas en la orilla de cauces (%)	41,38	37,50	51,85	82,22
Minas activas 2020-2021 (%)	79,31	50,00	40,74	77,78

Río Turbio: La cuenca del río Turbio (Figura 1) comprende las estribaciones de la sierra de Portuguesa, las sierras de Aroa y Bobare y del Macizo de Nirgua. A partir de la confluencia de los ríos Turbio y Buria, el cauce principal se denomina Cojedes y posteriormente desemboca en el río Portuguesa, en la cuenca del Orinoco. En las montañas al sur las

precipitaciones se concentran desde abril a noviembre, en las cabeceras del río Turbio (suroeste) tiene máximos valores en abril-junio y octubre, mientras que al norte son muy escasas. Existen bosques húmedos y nublados en las montañas al sur y bosques ralos y matorrales xerófilos en las tierras bajas del norte, mientras que en las planicies predominan los bosques secos deciduos. En las montañas predomina el uso agrícola, con café y hortalizas en las montañas, y en las planicies son habituales cultivos de maíz y leguminosas, y la cría de cabras y ganado vacuno. Se registran los parques nacionales Terapaima (18.971 ha), Yacambú (26.916 ha) y Cerro Saroche (32.294 ha), este último en la zona árida, así como el Monumento Natural Loma El León (7.275 ha). Existe una deforestación y urbanización muy extendida en la cuenca. El río Turbio es sujeto a una contaminación extrema al recibir los efluentes urbanos e industriales de varias ciudades (Barquisimeto, Cabudare) y complejos industriales. En todos los ríos de la cuenca existe una extracción intensa del agua.



**Figura 1.** Arriba: Ríos en donde se evaluaron las minerías de arenas y gravas: Motatán, Turbio, Yaracuy y Tuy. Abajo: cuenca del río Tuy y ubicación de las areneras en el cauce principal y los tributarios Guaire y Río Grande.

Río Yaracuy: La cuenca del río Yaracuy (Figura 1) está bordeada por la sierra de Aroa y la cordillera de la Costa (macizo de Nirgua). El río discurre por una extensa planicie fluvio-marina y desemboca en el Golfo Triste. El clima es macrotérmico y estacional, con un período lluvioso que varía entre las montañas y el litoral marino, con lluvias entre julio-agosto y al final del año. Entre las formaciones vegetales predominan los bosques secos deciduos y semideciduos (selvas veraneras) y en las montañas más altas se reportan selvas nubladas. En la zona litoral la mayor parte de la vegetación original ha sido eliminada, pero todavía existen parches de bosques en ciénagas y áreas inundables. En la desembocadura y caños de marea predominan los manglares y plantas halófitas. En la sierra de Aroa está el parque nacional Yurubí (23.670 ha) mientras que en el macizo de Nirgua está el monumento natural Cerro de María Lionza (11.712 ha). La deforestación se extiende por gran parte de la cuenca, y el suelo es dedicado a la ganadería y cultivos perennes (ej. cítricos, cocoteros). Las principales ciudades en la cuenca (San Felipe, Chivacoa) drenan sus aguas a los ríos, lo que ha generado un importante problema de contaminación de las aguas fluviales. En la cuenca se identifican dos embales (Cumaripa y Durute) y la extracción de agua directamente de los ríos es habitual.

Río Tuy: La cuenca del río Tuy (Figura 1) drena las vertientes de la cordillera de la Costa y de la cordillera del Interior. El río discurre por valles intramontanos, recibe a sus principales afluentes (Guaire y Grande), cruza la depresión de Barlovento y desemboca al mar con el mayor caudal de los ríos costeros al norte de Venezuela. En las montañas el período de sequía es breve, entre enero y marzo. En la depresión de Barlovento la humedad es elevada por los vientos alisios y las precipitaciones orográficas. En el litoral marino el periodo seco está entre los meses de noviembre a mayo. Existe un gradiente de vegetación en las montañas y las planicies que se expresa por las formaciones de subpáramo arbustivo, bosques nublados, montanos siempreverdes y deciduos. En las planicies costeras la vegetación es decidua y en el litoral marino destacan manglares y plantas de climas secos. El río Tuy tiene una contaminación extrema pues recibe los efluentes urbanos e industriales de la mayor conurbación del país (Gran Caracas), así como de ciudades satélite (ej. Guatire, Guarenas), pero aún existen tributarios menores con buen estado de conservación. En la cuenca destacan los parques nacionales Waraira Repano (81.900 ha), Macarao (15.000 ha) y Guatopo (122.464 ha) y los monumentos naturales Pico Codazzi (11.850 ha) y, parcialmente, la Cueva Alfredo Jahn (58 ha). En la cuenca media y alta la deforestación es extensa, así como la urbanización. La agricultura es común y dispersa, con grandes cultivos de cacao en Barlovento y cultivos mixtos en el resto de la cuenca. La cuenca tiene varios embalses, destacando por tamaño Lagartijo (451 ha) y Taguaza (580 ha). La extracción de agua directamente de los ríos es común.

**Prospección de datos y análisis de información.** En imágenes satelitales visualizadas con sistemas de información geográfica (QGIS.org, 2021) y exploradores geográficos (Google Earth pro, 2021) se aplicó una inspección estandarizada del cauce principal y los tributarios mayores en cada cuenca para detectar las areneras y medir sus atributos. La cobertura satelital está actualizada para una buena parte de las cuencas al norte del Orinoco, incluyendo el repositorio histórico de las mismas; no obstante, se escogieron imágenes entre el periodo 1990-2020, donde hubo mayor disponibilidad de imágenes adecuadas para la inspección. En la revisión de cada río, siempre desde la desembocadura a su nacimiento, se cuantificaron las areneras dentro de una franja con máximo 1000 metros perpendiculares al cauce, considerado como el ancho máximo para la presencia de areneras fluviales, puesto que las mismas usualmente requieren agua para los procesos de selección y lavado de material, así como los costos de movilización. Cada arenera fue caracterizada por sus georreferencias básicas (ej. coordenadas, altura), la superficie del polígono de explotación y la distancia de la torre de clasificación al cauce principal, entre otras. Las areneras se clasificaron según la actividad aparente detectada en las imágenes, la cual incluyó la presencia y cambios temporales de montículos de material, torres de clasificación, vehículos de transporte de material e instalaciones. Se estimó que hubo una disminución o cese de la actividad aparente en las areneras cuando los elementos señalados previamente se detectaron como desmantelados o no se identificaron en las imágenes, pero también por la reducción del polígono de explotación y el aumento de la cobertura vegetal sobre el mismo. Para el análisis temporal se agruparon imágenes en periodos de cinco años, salvo el último periodo que incluyó imágenes hasta marzo de 2021.

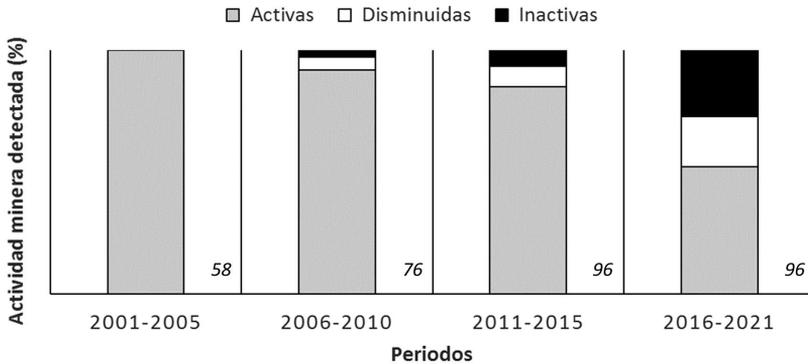
## RESULTADOS

Se detectaron 109 areneras (Tuy: 45, Motatán: 29, Yaracuy: 27, Turbio: 8. Tabla 1). Las areneras fueron explotaciones a cielo abierto adyacentes a los cauces y conformaron polígonos de formas irregulares. La mayoría de ellas se distribuyeron en la zona de transición geomorfológica entre las planicies y piedemontes o lomeríos (33-719 msnm. Tabla 1), siendo más comunes en las planicies que en las montañas. Las características comunes a todas las areneras fueron la eliminación de la cobertura natural, construcción de vías, remoción de suelos y de taludes fluviales. Considerando la relación entre la longitud del cauce principal entre las areneras a menor y mayor altura, el río Motatán tuvo el mayor número de areneras por kilómetro de cauce (0,49 km/río. Tabla 1). Aun cuando el río Tuy tuvo la mayor cantidad de minas, la relación de estas con la longitud de cauce fue baja (0,14 km/río). Como medida general, el número de areneras fue de 0,26 km/río, lo que aproximadamente equivale a una mina cada cuatro kilómetros de río.

El 61% de las areneras se ubicó directamente en la orilla de los cauces y el resto a una distancia promedio de 154,1 m de los mismos. El tamaño promedio de las areneras fue de 98.000 m<sup>2</sup> (9,8 ha), con el promedio más grande para el

río Tuy (promedio= 15,3 ha), donde también se acumuló la mayor superficie de areneras (601,1 ha). En el río Tuy se detectó la arenera más extensa, con 76,6 ha (Aragüita. Figura 1), la cual formó parte de un complejo minero mayor a lo largo de ese río y que cubre unas 140 ha. Otro conjunto de areneras similar se detectó en el tributario Río Grande (Caucagua). El área acumulada para las minas en todos los ríos alcanzó las 956,9 ha. En la mayoría de las areneras se detectaron pozos excavados, usualmente con agua (pozos húmedos).

Las areneras cambiaron de forma y tamaño durante el período evaluado, al igual que la mayoría de los cauces, con cambios periódicos en todas unidades fisiográficas, principalmente en las planicies. El número de areneras detectadas en cada período aumentó en el tiempo (Figura 2), lo que se presume como una consecuencia de la disposición de más imágenes con mayor resolución o menor nubosidad. Todas las areneras identificadas durante el período 2001-2005 estuvieron activas. La proporción de areneras activas dentro del total identificado en cada período disminuyó progresivamente en el tiempo; en el último lapso (2016-2021) la actividad de las mismas se redujo a un poco más de la mitad de las identificadas en ese intervalo de tiempo. Además, en el período 2016-2021 el 20,8% de las areneras demostró actividad reducida y el 25% no tuvo ninguna actividad (Figura 2). A partir de 2020 se estimó inactividad en un tercio de todas las areneras.



**Figura 2.** Actividad aparente en las areneras en las vertientes de las cordilleras de Mérida y de la Costa durante diferentes periodos. Las cifras en cursiva corresponden a todas las areneras identificadas en cada periodo. Se detectaron 109 de areneras durante todo el periodo 2000-2021.

## DISCUSIÓN

La prospección de la mayoría de los ríos en las cordilleras de Mérida y de la Costa sugiere que las areneras aquí evaluadas representan acaso la mayor concentración de este tipo de minería fluvial, pudiendo alcanzar alrededor del

60% de todas las areneras en este eje orográfico. No obstante, existe una subestimación potencial para la detección de las areneras mediante el uso de imágenes satelitales, principalmente por la poca resolución en imágenes antiguas y la nubosidad. Los intervalos temporales amplios entre imágenes también pueden reducir la detección de las areneras, pues la hidrogeomorfología de los ríos es muy dinámica -incluso los intermitentes- y el entorno fluvial puede cambiar drásticamente en cortos períodos, ya sea por la eliminación completa de bancos y taludes por acción humana, la creación o destrucción de nuevas riberas por crecidas de los ríos o por la sucesión vegetal, que puede avanzar rápidamente en muy pocos años. En el resto del país las areneras son menos comunes, principalmente en cuencas remotas o alejadas de centros urbanos o industriales. Por otro lado, existe una minería artesanal de arenas muy extendida y difícilmente detectada en los sensores remotos ni en los registros gubernamentales. Puesto que en las montañas y piedemontes la mayoría de los pueblos son ribereños, es válido suponer que su crecimiento y desarrollo urbano ha requerido de las arenas y gravas del río más cercano. El impacto de estas minerías es desconocido.

Las areneras son estresores que modifican el régimen de perturbaciones en los ríos, pues generan un incremento muy elevado y permanente de sedimentos en las corrientes y, lo que es más grave, fragmentan y eliminan la diversidad morfológica e hidráulica los ríos, la heterogeneidad del hábitat fluvial y los procesos ecológicos fundamentales, como son la deriva, los eventos reproductivos y las migraciones, por ejemplo. Las alteraciones físicas en los cauces son ampliamente conocidas: los ríos impactados por areneras muestran inestabilidad y erosión progresiva de lechos, bancos y taludes, así como la disminución del nivel del fondo y también de los acuíferos (Koehnken *y col.*, 2020), así como las áreas de inundación natural en las planicies. El volumen de arenas extraído por las areneras puede multiplicar el aporte natural de los ríos, reduciendo las zonas de acumulación natural de sedimentos (Padmalal *y col.*, 2008). Los pozos de las minas capturan los cauces naturales, aumentando la erosión y dispersión de contaminantes y también pueden cambiar los cursos fluviales, más cuando estos son más grandes, profundos y cercanos a los taludes del río (Ladson y Judd, 2014). A lo anterior se añaden los impactos sobre las construcciones asociadas con los ríos, como las infraestructuras hidráulicas y carreteras, donde la abrasión ejercida por los sedimentos en las corrientes puede inutilizar o destruir puentes y acueductos, por ejemplo.

En Venezuela son conocidos los impactos que sobre los ríos tienen la pérdida de las coberturas naturales en las zonas de ribera y el incremento de sedimentos en las corrientes, pero es poca la información disponible sobre el impacto específico de las areneras. La reducción de cobertura de bosque en las riberas explica el incremento en la temperatura y la concentración de sedimentos de las aguas (García *y col.*, 2016), así como en la reducción de la heterogeneidad del hábitat fluvial y la riqueza y abundancia de peces, particularmente aquellas especies sensitivas al incremento de la sedimentación, con lo cual se reduce la integridad de los

ecosistemas lóticos (ej. Rodríguez-Olarte y col., 2006). Las bases de datos globales ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org); [www.fishnet2.net](http://www.fishnet2.net)) y los registros en colecciones nacionales (ej. [www.ucla.edu.ve/museopeces](http://www.ucla.edu.ve/museopeces); [izt.ciens.ucv.ve/mbucv/peces](http://izt.ciens.ucv.ve/mbucv/peces)) indican una elevada diversidad de peces en los ríos evaluados. El muy elevado endemismo en la cuenca del Lago de Maracaibo también se expresa en el río Motatán, con cerca del 60% de peces; igual ocurre en los ríos Yaracuy y Tuy, donde es posible que haya un 30% de endemismo. Varias de estas especies están en alguna categoría de amenaza según el Libro Rojo de la Fauna venezolana (Rodríguez y col., 2015) y entre las causas destacan la combinación de estresores ambientales: pérdida del hábitat por la deforestación de riberas, incremento de sedimentos y contaminantes en las aguas.

Es conocida la relación funcional entre el crecimiento de la explotación de arenas y gravas como expresión de la expansión de las economías regionales, como se evidencia en países asiáticos (Carvalho, 2017). Esta relación se podría aplicar, pero a la inversa, con las areneras evaluadas en Venezuela: la disminución progresiva del número y actividad de las areneras podría atribuirse a la persistencia de una extraordinaria crisis política y económica, con mayor intensidad desde 2015 y con una reducción verificada en el sector de la construcción (Caraballo-Arias y col., 2018). A esto se añade que desde principios de 2020 la pandemia global de COVID-19 ha supuesto una recesión económica y una paralización de diferentes industrias (Rodríguez, 2021). Por paradoja, la combinación de los anteriores fenómenos podría tener un efecto en la potencial recuperación de zonas de ribera impactadas y quizás del hábitat fluvial asociados a las areneras inactivas.

La protección de las zonas de ribera y del hábitat fluvial presupone también el resguardo de la diversidad biológica, la productividad del ecosistema fluvial y sus contribuciones de la naturaleza para la sociedad. Es aceptado que las zonas de ribera deberían tener por lo menos 30 metros de cobertura de bosques para proteger la integridad física, química y biótica de los ríos (Sweeney y Newbold, 2014). Considerando lo anterior, si el área de todas las areneras aquí evaluadas -en su mayoría con coberturas naturales eliminadas en zonas de ribera- fuese una franja con 30 m de ancho, tendría 319 km de longitud. Lo anterior es un indicador de la magnitud que debería considerar un programa de monitoreo y restauración de los ríos impactados, por lo que es de prioridad el registro y actualización de los pasivos ambientales generados por estas minerías.

La legislación de Venezuela sobre la explotación de minerales no metálicos incluye normativas ambientales elementales, tales como la aplicación de estudios de impacto ambiental para conceder concesiones mineras y la recuperación ambiental de las áreas afectadas por la exploración, prospección y explotación minera. Sin embargo, en la legislación con alcance nacional no se incluyen aspectos sobre el biomonitoreo y la restauración de ríos impactados por areneras, como son

el uso estandarizado de indicadores idóneos (hábitat, macroinvertebrados y peces) o la restauración de mesohábitats específicos, estos últimos incluirían la estabilización de bancos y taludes, así como la siembra de plantas con importancia en la interfase agua-tierra, por ejemplo. Este es un recordatorio sobre la necesidad de adecuar y actualizar la legislación ambiental para la conservación de los ríos con base en las evidencias científicas y el contexto ecológico regional, más aún cuando en el país se ha implantado una economía minera extractivista de gran alcance y con fuertes repercusiones en el medio natural y social.

## AGRADECIMIENTOS

Este reporte es un resultado parcial de los proyectos 004-AG-2015 y 1081-AG-2017 del Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado (CDCHT - UCLA) y con el auspicio de la Colección Regional de Peces (CPUCLA, UCLA). Una versión preliminar de esta investigación fue presentada en el III Simposio Humedales, Agua y Biodiversidad con el patrocinio de Instituto de Zoología y Ecología Tropical de la Universidad Central de Venezuela.

## LITERATURA CITADA

- Caraballo-Arias, Y., J. Madrid, y M. C. Barrios. 2018. Working in Venezuela: how the crisis has affected the labor conditions. *Annals of global health* 84(3): 512-522.
- Carvalho, F. P. 2017. Mining industry and sustainable development: time for change. *Food and Energy Security* 6(2): 61-77.
- COPLANARH. 1969. *Inventario nacional de aguas superficiales. Volumen I*. Comisión del plan nacional de aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Caracas, Venezuela. 125pp.
- García, E., M. B., Gómez, D., Rodríguez-Olarte, y C. Marrero. 2016. Integración de escalas, gradientes ambientales e índices en la evaluación del estado de conservación de los ríos en la costa oriental del lago de Maracaibo, Venezuela. *Interciencia* 41(5): 305-311.
- Google Earth pro. V 7.3.3. 2021. DigitalGlobe 2012. <http://www.earth.google.com> [April, 2021].
- Koehnken, L., M. S. Rintoul, M. Goichot, D. Tickner, A. C. Loftus, y M. C. Acreman. 2020. Impacts of riverine sand mining on freshwater ecosystems: A review of the scientific evidence and guidance for future research. *River Research and Applications* 36(3): 362-370.
- Ladson, A. R. y D. A. Judd. 2014. A review of the effect of floodplain gravel on river stability, in Vietz, G; Rutherford, I. D, and Hughes, R. (editors), *Proceedings of the 7th Australian Stream Management Conference*. Townsville, Queensland, Pages 249-259.
- Linke, S., B. Lehner, C. Ouellet Dallaire, J. Ariwi, G. Grill, M. Anand, P. Beames, V. Burchard-Levine, S. Maxwell, H. Moidu, F. Tan y M. Thieme. 2019. Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution. *Scientific Data* 6: 283.

- Padmalal, D., K. Maya, S. Sreebha, y R. Sreeja. 2008. Environmental effects of river sand mining: a case from the river catchments of Vembanad lake, Southwest coast of India. *Environmental Geology* 54(4): 879–889.
- Pelayo, R. C. y P. J. Soriano. 2010. Diagnóstico ornitológico del estado de conservación de tres cuencas altoandinas venezolanas. *Ecotropicos* 23(2):75-95
- QGIS.org, 2021. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Rinaldi, M., B. Wyzga, y N. Surian. 2005. Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. *River Research and Applications* 21(7): 805-828.
- Rodríguez, J. J. 2021. Food Security in Venezuela: From Policies to Facts. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5: 617907.
- Rodríguez, J. P., A. García-Rawlins y F. Rojas-Suárez. 2015. *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. Provita y Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela. Publicación Electrónica: [animalesamenazados.provita.org.ve](http://animalesamenazados.provita.org.ve).
- Rodríguez-Olarte, D., A. Amaro, J. L. Coronel y D. C. Taphorn. 2006. Integrity of fluvial fish communities is subject to environmental gradients in mountain streams, Sierra de Aroa, north Caribbean coast, Venezuela. *Neotropical Ichthyology* 4(3): 319-328.
- Rodríguez-Olarte, D., C. Marrero, y D. C. Taphorn. 2018. *Los ríos al Mar Caribe y Golfo de Venezuela. Capítulo 4* (pp: 71-102). En: Rodríguez-Olarte, D. (Editor). *Ríos en riesgo de Venezuela. Volumen 2. Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela*. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela. 196pp.
- Rodríguez-Olarte, D., M. Barrios, C. Marrero, y L. M. Marcó. 2017. *Río Turbio: un síndrome urbano en la vertiente andina del Orinoco. Capítulo 3* (pp: 59-74). En: Rodríguez-Olarte, D. (Editor). *Ríos en riesgo de Venezuela. Volumen 2. Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela*. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela. 236pp.
- Ronquim, C. C., G. P. Cordeiro, M. de Amorim, A. H. D. C. Teixeira, J. F. Leivas, y S. Galdino. 2017. Competition between agricultural, urban, and sand-mining areas at the Paraíba do Sul basin in southeastern Brazil. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology* Vol. 10421. 104211X
- Suárez, C., y H. Pacheco. 2008. Cambios en el delta del río Motatán relacionados con intervención antrópica. Noroeste de Venezuela-estado Trujillo. *Revista Geográfica Venezolana* 49(1): 85-92.
- Sweeney, B. W. y J. D. Newbold. 2014. Streamside Forest Buffer Width Needed to Protect Stream Water Quality, Habitat, and Organisms: A Literature Review. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 50(3): 560-584.
- UNEP Global Environmental Alert Service. (2014). *Sand, rarer than one thinks*. Nairobi: UNEP. 15pp.