



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA



# MONITOREO DE CAUDALES CUENCAS PRIORITARIAS DE LA RBSM

Subcuenca El Hato

Proyecto de Biodiversidad de USAID Guatemala

Mayo 2021

Esta publicación fue producida para ser revisada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Fue preparada por Chemonics International Inc.

DISCLAIMER

Los puntos de vista del autor expresados en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

MONITOREO DE CAUDALES  
CUENCAS PRIORITARIAS DE LA RBSM  
Subcuenca El Hato

**Contrato No.** 72052018C000002

**Foto de portada:** Catarata Santa Rosalía Mármol, Zacapa. Afluente que nace en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (Credit: FDN).

DISCLAIMER

Los puntos de vista del autor expresados en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

## **CONTENIDO**

ACRÓNIMOS	5
i. Resumen ejecutivo	1
ii. Introducción	2
iii. Objetivos	3
iv. Metodología	3
1. Localización del área de estudio	3
2. Temporalidad del monitoreo	6
3. Medición de caudales	6
v. Resultados y discusión	9
vi. Conclusiones	11
vii. Recomendaciones	11
viii. Bibliografía	12
ix. Anexos	13

## ACRÓNIMOS

CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
FDN	Fundación Defensores de la Naturaleza
INAB	Instituto Nacional de Bosques
RBSM	Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas
SIGAP	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
USAID	United States Agency for International Development

## **I. RESUMEN EJECUTIVO**

La Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, RBSM, es una cadena montañosa productora de agua y en ella tienen origen 62 ríos permanentes, agrupados en 52 subcuencas hidrográficas y 3 macrocuencas hidrográficas, que alimentan el valle del río Motagua. Estos ríos son utilizados para cultivos de café, cardamomo, producción de arroz, ganadería, hidroeléctricas, industrias y fincas de los valles circundantes, y proveen una importante fuente de agua para uso doméstico a más de 400,000 habitantes (FDN, 2010).

El proyecto de Biodiversidad de USAID Guatemala priorizó tres subcuencas en la RBSM. En este informe se presentan los resultados obtenidos hacia el final de la implementación del Proyecto. La subcuenca monitoreada fue la del Hato, donde se seleccionaron cinco sitios de monitoreo. Para medir el caudal se usó el método de sección-velocidad durante los meses de marzo, abril y mayo del 2021.

El mayor caudal reportado durante los tres meses de monitoreo fue en marzo con 20,345.42 litros por segundo (L/seg) y el menor caudal en mayo 1,887.6 L/seg, estos datos recabados en estos tres meses de monitoreo indican que la cantidad de agua que llega cuenca abajo es representativa en base a la cantidad de agua medida cuenca arriba, esto beneficia a las poblaciones asentadas en la parte baja y además estos datos son importantes para la toma de decisiones en la gestión del recurso hídrico. A este monitoreo se le dará continuidad a través de la Fundación Defensores de la Naturaleza debido a la importancia del monitoreo de caudales para el desarrollo humano de la región.

## II. INTRODUCCIÓN

La Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM) está ubicada en el nororiente de Guatemala (ver Fig. 1) en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa e Izabal, ocupa un área de 242,642ha (FDN, 2010).

Las precipitaciones en la Sierra de las Minas varían entre más de 4000 mm en las cimas de las montañas y 2000 mm en las laderas que dan al Polochic y menos de 500mm en el oeste del valle del Motagua entorno a Zacapa, las cuales se originan en los bosques nubosos de la parte más alta de la RBSM (Rosito, 2010, 22),

La RBSM está bordeada por dos grandes depresiones la del Motagua y la del Polochic (FDN, 2017), al ser una cadena montañosa productora de agua, en ella tienen origen 62 ríos permanentes, agrupados en 52 subcuencas hidrográficas y 3 macrocuencas hidrográficas (ver Fig. 2), que alimentan el valle del río Motagua, el cual es el río más largo y con la cuenca más extensa de Guatemala (CONAP, 2008). Estos ríos son utilizados cuenca abajo, para cultivos de café, cardamomo, producción de arroz, ganadería, hidroeléctricas, industrias y fincas de los valles circundantes, y proveen una importante fuente de agua para uso doméstico a más de 400,000 habitantes (FDN, 2010).

La administración y la gestión integrada de los recursos hídricos se ven altamente beneficiados cuando sus decisiones se soportan en indicadores del agua, por ello es importante integrar la información generada a partir de la investigación científica que incluya el monitoreo de la calidad del agua y variables meteorológicas que dan herramientas para la toma de decisiones. También es importante para las labores de planificación sostenible del recurso hídrico conocer la cantidad de agua disponible ofrecida por la fuente de agua.

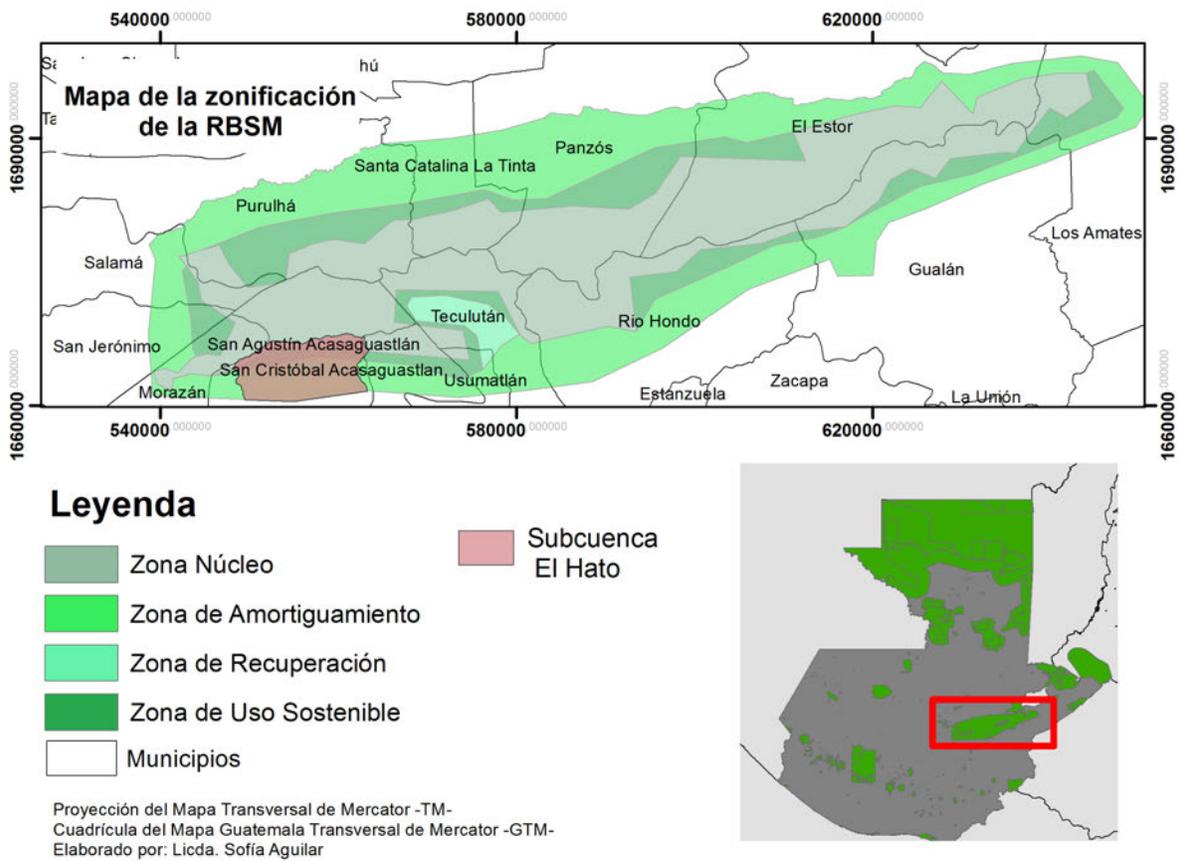
El proyecto PBG priorizó tres subcuencas, de las cuáles solo una fue posible monitorear debido al tiempo y al recurso disponible en la última fase de implementación del Proyecto. La subcuenca monitoreada fue la del Hato, que se localiza dentro del municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, cuya cabecera se encuentra a 110kms de la ciudad de Guatemala y fue seleccionada por poseer ecosistemas de bosque nuboso que son fundamentales para el abastecimiento hídrico en época seca de los municipios circundantes (Rosito, 2010) que están ubicado en el denominado “corredor seco” y mantiene flujos hídricos mayores y más estables durante el año (Brown y de la Roca 1996).

En la subcuenca el Hato se da extracción de agua para cultivos, consumo domiciliar y agroindustria (Soria, 2017) por lo que es necesario incluir en el manejo del recurso hídrico de la subcuenca la gestión integrada del ecosistema fluvial, que a su vez incluya la extracción del agua del río para usos humanos, como abastecimiento público, irrigación y procesos industriales, como necesaria para la supervivencia y desarrollo humanos, lo importante es que haya un diálogo social y apoyo técnico de profesionales para lograr el uso sostenible de este recurso y que sea aprovechado por todos los habitantes de la cuenca.

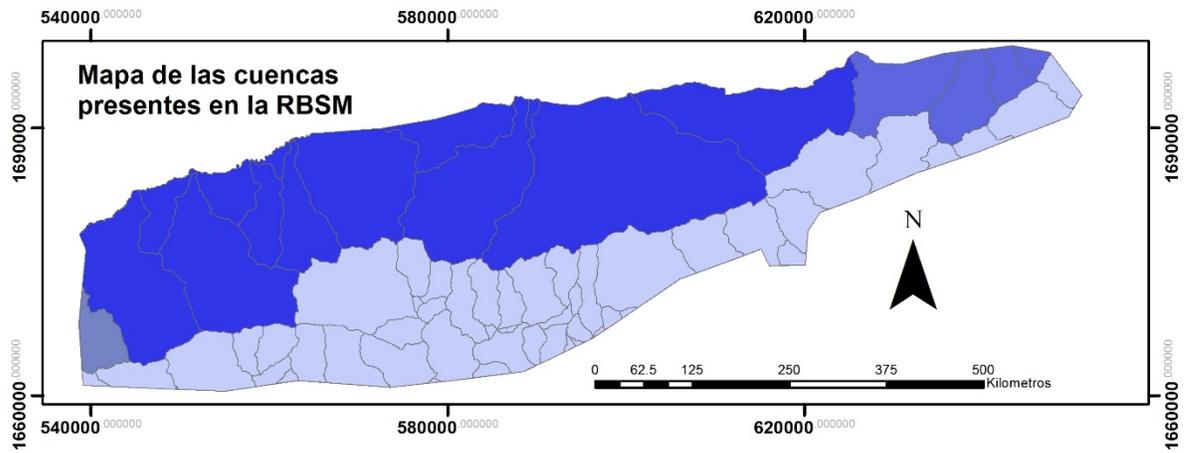
Para ello es necesario implementar un sistema de monitoreo de caudales que permita generar un registro durante el año hidrológico que provea datos oportunos y veraces que una vez procesados proporcionen información adecuada para lograr una mayor eficiencia en la programación, ejecución y evaluación del agua.

Este monitoreo de caudales tuvo como principal objetivo establecer una metodología para el monitoreo de caudales de la subcuenca el Hato y determinar el caudal en L/seg de las aguas superficiales durante los meses de marzo a mayo del año 2021. Se seleccionaron cinco puntos de monitoreo ubicados en cuenca alta, uno en cuenca media y dos en cuenca baja. Los resultados obtenidos fueron, en el mes de marzo el mayor caudal reportado fue en el punto denominado el Baúl (20345.42 L/seg), en abril y en mayo el caudal más alto reportado fue en la Hierbabuena 8,249.41L/seg y 11,422.94 L/seg respectivamente. Los datos obtenidos demuestran que la recarga hídrica en zona alta, a pesar de la extracción del agua a lo largo de la subcuenca, aún mantiene su caudal cuenca abajo.

Al monitoreo se le dará continuidad una vez al mes durante la época de invierno para completar el año hidrológico y será FDN la encargada de realizarlo en virtud que es la institución coadministradora del área protegida con mayor presencia y con experiencia en investigación de monitoreo de caudales en otras cuencas de la RBSM.



**Figura 1.** Mapa de la ubicación de la subcuenca el Hato y la zonificación de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas -RBSM-

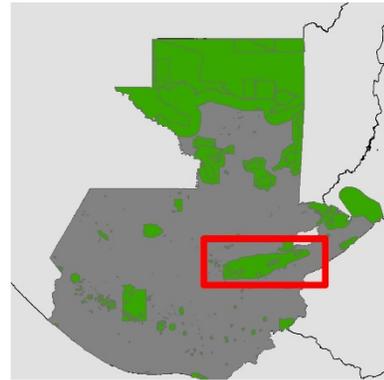


### Leyenda

Cuencas

- Lago de Izabal-Río Dulce
- Río Motagua
- Río Polochic
- Río Salinas

Proyección del Mapa Transversal de Mercator -TM-  
Cuadrícula del Mapa Guatemala Transversal de Mercator -GTM-  
Elaborado por: Licda. Sofía Aguilar



**Figura 2.** Ubicación de las cuencas de escurrimiento superficial en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.

### III. OBJETIVOS

#### Objetivo general

- Establecer metodología para el monitoreo de caudales específico para la subcuenca el Hato.

#### Objetivo específico

- Determinar el caudal en L/seg en cinco puntos de la subcuenca el Hato durante los meses de marzo a mayo 2021.

### IV. METODOLOGÍA

#### 1. Localización del área de estudio

La subcuenca el Hato pertenece a la cuenca del río Motagua y es afluente de la vertiente del caribe (ver figura 1). Tiene ecosistemas de pino-encino y bosques nubosos que proveen de agua a los municipios circundantes.

El criterio utilizado para la selección de los puntos de muestreo fue utilizar los mapas de elevación y en base a esto se seleccionaron puntos distribuidos en cuenca alta, cuenca media y cuenca baja (ver Fig. 3 y anexo 1). Estos puntos fueron corroborados en campo y en total se seleccionaron cinco puntos (cuadro 1).

La Subcuenca el Hato tiene un área de 87.34km<sup>2</sup>. Posee cinco clasificaciones climáticas distintas: monte espinoso subtropical, zona de vida bosque seco subtropical, bosque húmedo subtropical templado, bosque muy húmedo subtropical y bosque húmedo montano bajo subtropical (Soria, 2018, 38). Siendo el uso de la tierra mayormente de vocación forestal. El rango de alturas en la subcuenca es desde los 200 msnm hasta los 2,800msnm (Núñez, 2010).

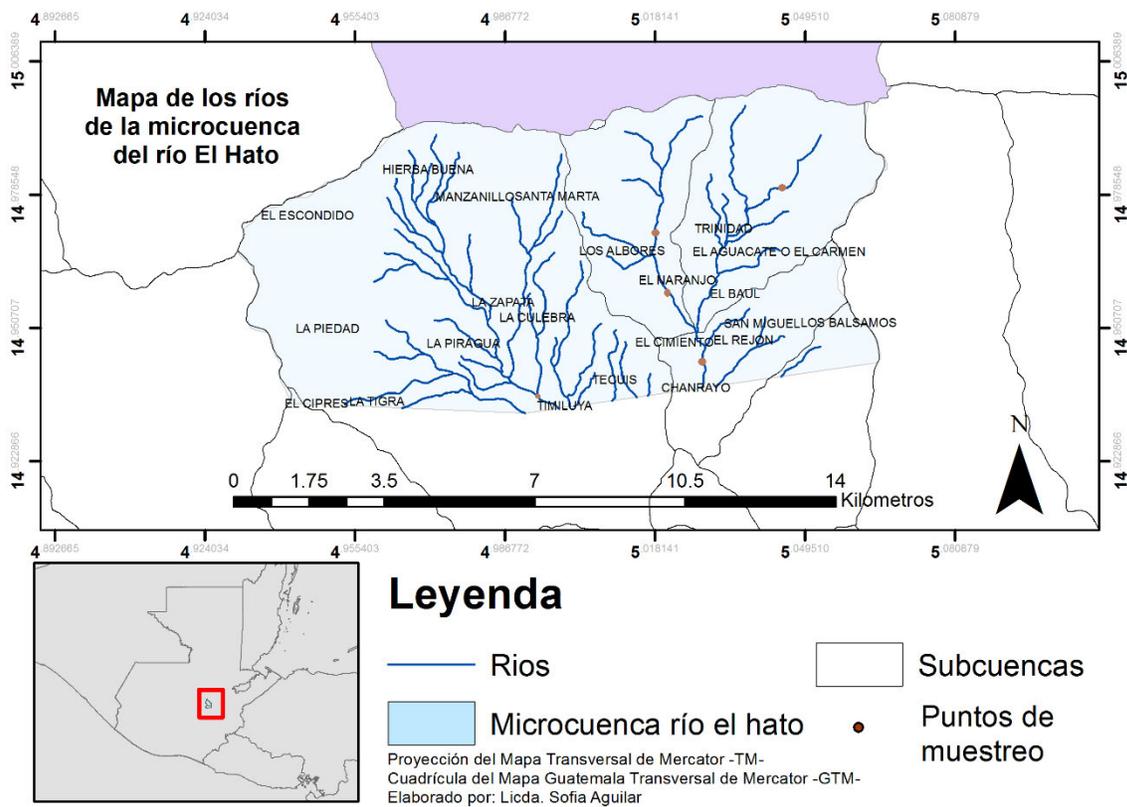
Los principales problemas ambientales de la subcuenca son la deforestación, debido a la expansión de la agricultura, el pastoreo, los incendios forestales y la tala inmoderada (Rojas, 2010, 12).

Uno de los cultivos importantes es el café, establecido entre los 800 y 1700 msnm. La cuenca posee matorrales arbustivos en la parte baja (600-800 msnm), bosques

de pino-encino (entre los 800-1400 msnm) y bosque nuboso entre los 1700-2900 msnm, con asociaciones de pino, pinabete en la parte más alta. La parte de bosque nuboso es en su gran mayoría parte de la zona núcleo de la Reserva (Rojas, 2010, 12)

**CUADRO 1. COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LA MICROCUENCA EL HATO**

<b>Puntos</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Puerta de golpe	15.01681	-89.98184
Hierbabuena	15.02334	-89.95036
El baúl	15.0374	-89.95537
El Carmen	15.06074	-89.93662
Albores	15.04983	-89.96135



**Figura 3.** Ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca del río el hato.

## 2. Temporalidad del monitoreo

La medición de velocidad y profundidad se realizó una vez al mes en cada uno de los cinco puntos seleccionados de la subcuenca. Durante la época seca, en los meses de marzo, abril y mayo del año 2021.

## 3. Medición de caudales

En este monitoreo se usó el método de sección – velocidad, el cual consistió en medir la velocidad y la profundidad en tres puntos de la sección transversal del río para después calcular el gasto por medio de la ecuación de continuidad (ICC, 2017).

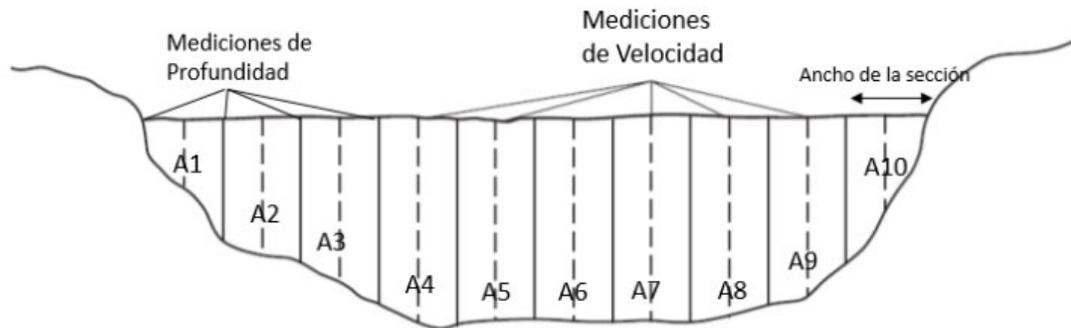


Figura 4. Secciones parciales de un cause

De tal manera que el caudal del río estará dado por:

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal del agua, en  $m^3 /s$

A = Área de la sección transversal, en  $m^2$

V = Velocidad media del agua, en  $m/s$

Se tomaron en cuenta los siguientes aspectos para medir el área de la sección y la velocidad:

- Determinación del área de la sección
- Mediciones sucesivas de las profundidades y las velocidades, conforme se avanzaba de un extremo a otro de la sección. Se utilizó un tubo graduado con escalas en metros para determinar las profundidades de la sección transversal (ver Anexo 2 al 4).

### 3.1 Metodología para la medición

- Se colocaron dos estacas, una en cada orilla y que la línea que las une sea perpendicular a la dirección del río para determinar el ancho de este.
- Se dividió el ancho del cauce en tramos de acuerdo con el cuadro 2.
- Se midió la profundidad al principio y al final de cada tramo como se muestra en la figura 4 y se obtuvo la profundidad media y ancho de cada sección que permitió calcular el área por cada tramo medido de la sección transversal usando la siguiente ecuación:

$$A1 = \frac{a + b}{1!} * L + A2 = \frac{a + b}{2} * L ...$$

Donde:

- A1: Es el área de la sección, en m<sup>2</sup>
- a: profundidad inicial del tramo, en m
- b: profundidad final del tramo, en m
- L: Ancho de la sección, en m

$$Area\ total = \sum A1 + A3 \dots . A9 + A10$$

(ICC, 2017)

Cuadro 2. Espaciamiento de sondeo según el ancho del cauce.

ANCHO DEL CAUCE		ESPACIAMIENTO
Desde	Hasta	
0	1	0.20
1	2	0.25
2	4	0.50
4	8	1.00
8	15	1.5
15	25	2.00
25	50	3.00
50	75	4.00
75	125	5.00

- Determinación de la velocidad por medio del molinete

La velocidad se determinó utilizando un molinete “625” y mediante el número de vueltas que la hélice ejercía sumergida por 30 a 50 segundos, este registraba en el contador y automáticamente expresaba la velocidad en km/hra. El caudal es expresado  $m^3/seg$ , por lo que en gabinete fue necesario realizar la conversión de la velocidad a metros/segundo. Además, es importante recalcar que para ríos pequeños las dimensionales usadas son L/seg.

Método de los 6/10:

Es el método más empleado y práctico para el cálculo de velocidad. Dicho método consiste en colocar el molinete a un 60 % de la profundidad del punto sondeado (0.6 H), contando a partir de la superficie del agua hacia abajo. Este método se basa en que, a esta profundidad, la velocidad del agua es casi igual a la velocidad media en la vertical del punto en que se está haciendo la observación (ICC, 2017, 12).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

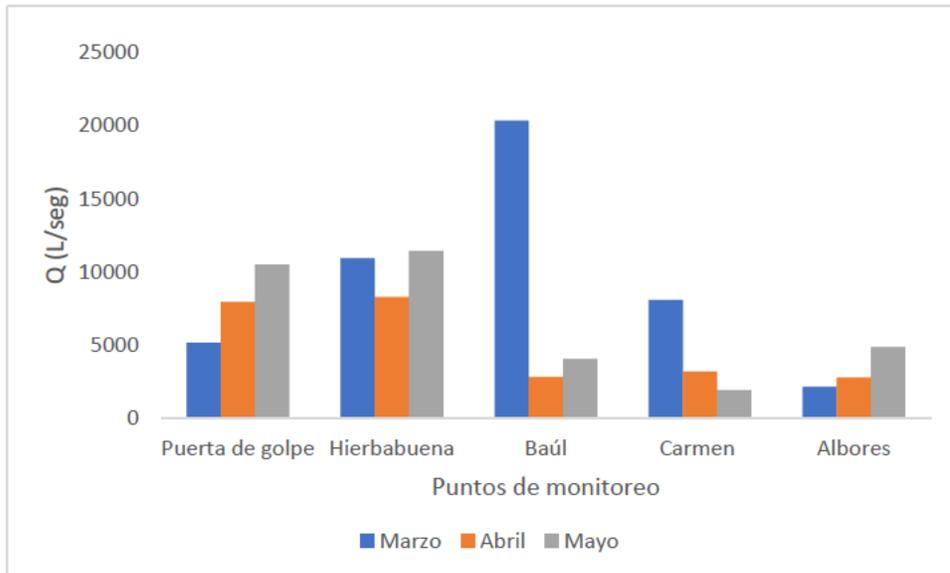
Usando la metodología descrita anteriormente se presentan los datos obtenidos de los aforos realizados en los cinco puntos de muestreo de la subcuenca el Hato.

Los datos arrojan diferencias en el caudal a lo largo de la transición entre época seca y el inicio de la temporada lluviosa. Debido a que este año la temporada de lluvia se adelantó, según lo reflejan los boletines meteorológicos de la CONRED y el INSIVUMEH (CONRED, 2021) se puede observar que, en la temporada seca, correspondiente a marzo, el caudal fue de 20,345.42 L/seg en el punto denominado como el Baúl, ubicado en cuenca media. Según la bibliografía, Núñez, 2010, reporta el caudal máximo 15,000 L/seg en la subcuenca del río el Hato en septiembre de 2009. Esto implícitamente demuestra que a lo largo de una década el caudal reportado para el área no ha disminuido a pesar del crecimiento poblacional que se ha dado en el municipio que es de 45, 765 personas según el censo del 2018.

**CUADRO 3. CAUDAL DETERMINADO CON EL MÉTODO DE SECCIÓN VELOCIDAD DURANTE LOS MESES DE MARZO, ABRIL Y MAYO EN CINCO PUNTOS DE LA CUENCA DEL RÍO EL HATO**

<b>Mes de muestreo</b>	<b>Puerta de golpe (L/seg)</b>	<b>Hierbabuena (L/seg)</b>	<b>El baúl (L/seg)</b>	<b>El Carmen (L/seg)</b>	<b>Albores (L/seg)</b>
Marzo	5,137.6575	10,909.6875	<b>20,345.42</b>	8,059.302	2,120.33462
ABRIL	7,915.32578	8,249.41669	2,780	3,148.749	2,745.3195
Mayo	10,490.3753	11,422.9418	4,020.76125	<b>1,887.60375</b>	4,833.2385

La fecha en la que se realizó el primer monitoreo estuvo influenciada por frentes fríos que presentaron lluvias en las áreas montañosas (CONRED, 2021) de la RBSM, por ello los caudales fueron mayores en cuenca alta durante marzo, disminuyendo el caudal durante los meses de abril y mayo. Las precipitaciones reportadas para esta área, en las estaciones climáticas de Albores y Chanrayo, evidencian que esta región tiene una alta precipitación anual de entre 2,000 y 4,000 mm, siendo los primeros meses de año baja y aumentando a partir de abril (Rosito, 2015, 38). También hay que tomar en cuenta que la subcuenca es un sistema abierto y las principales salidas de agua del sistema son la evapotranspiración, escurrimiento superficial y la recarga subterránea, siendo la ubicación de los puntos de muestreo en la subcuenca el Hato en puntos de recarga hídrica alta y media (Núñez, 2010, 83).



Gráfica 1. Gasto en L/seg en los cinco puntos de muestreo en la subcuenca el Hato.

Es importante mencionar que los datos obtenidos no son representativos del sistema y es necesario continuar haciendo monitoreo del caudal hasta completar el año hidrológico. Sin embargo, esta información parcial nos arroja datos importantes sobre la cantidad de agua que está corriendo cuenca abajo, la cual refleja la recarga hídrica que se da cuenca arriba, donde hay bosque latifoliado, presencia de matorrales y arbustos y según información generada en otras investigaciones (Núñez, 2010, 83) es donde hay mayor zona de recarga hídrica en toda la subcuenca y que para extrapolarlo esta cantidad de agua que corre y se infiltra a la corriente subterránea puede abastecer a más de 200 mil familias, no tomando en cuenta el caudal ecológico.

Es importante recalcar que los recursos hidrológicos y recursos naturales renovables de la subcuenca el Hato presentan niveles severos de degradación cualitativa y cuantitativa debido a que son manejados insosteniblemente según Núñez, 2010; Rojas, 2010; FCG, 2012, un ejemplo de ello es que desde la cuenca alta comienzan los cultivos de café, caña, mango, nance y chicozapote (Soria, 2017, 34) los cuales están a orillas de los ríos sin respetar las áreas de ribera, lo que ocasiona mayor pérdida de agua por escorrentía superficial y detrimento de la calidad del agua.

El registro de los caudales de la subcuenca el Hato a diferentes alturas de esta es importante para conocer los diferentes caudales en tiempo y espacio, ya que al ser una corriente natural está va siendo modificada por las precipitaciones que hacen crecer el caudal y el efecto del cambio climático, que según el Atlas de Riesgo de SEGEPLAN en el año 2010 encontró que 8 municipios de El Progreso están en riesgo por la disminución de caudales o desecamiento de ríos (FCG, 2012, 62), el estudio no aclara que ríos, pero la subcuenca el Hato es la

principal fuente de agua del departamento, ya que en su totalidad se encuentra dentro de este.

Es imprescindible subrayar que el registro de los caudales durante el año hidrológico es importante para la toma de decisiones y evaluar si los caudales disminuyen por efectos del cambio climático y la extracción para el uso de la población. Por lo mencionado FDN le dará continuidad a este monitoreo en la subcuenca para continuar con el registro del año hidrológico.

## **VI. CONCLUSIONES**

- El mayor caudal reportado durante los tres meses de monitoreo fue en marzo con 20,345.42L/seg y el menor fue en mayo con 1,887.6 L/seg.
- Los datos recabados en estos tres meses de monitoreo indican que la diferencia de caudal cuenca arriba y el caudal que está corriendo cuenca abajo es representativo y beneficia a las poblaciones asentadas en la parte baja.
- Los registros de caudal son importantes para la toma de decisiones en la gestión del recurso hídrico.
- La Fundación Defensores de la Naturaleza le dará continuidad a este monitoreo para completar el ciclo hidrológico.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Que FDN continúe con el monitoreo para completar el año hidrológico debido a que solo se registraron tres meses de este.
- La conservación del bosque nuboso y latifoliado es fundamental para el mantenimiento de los caudales y que estos lleguen cuenca abajo y sean de beneficio para las poblaciones en el área de influencia.
- Es necesario realizar un estudio de la calidad del agua en la subcuenca debido a que más de 200 mil familias se abastecen de ella. ■

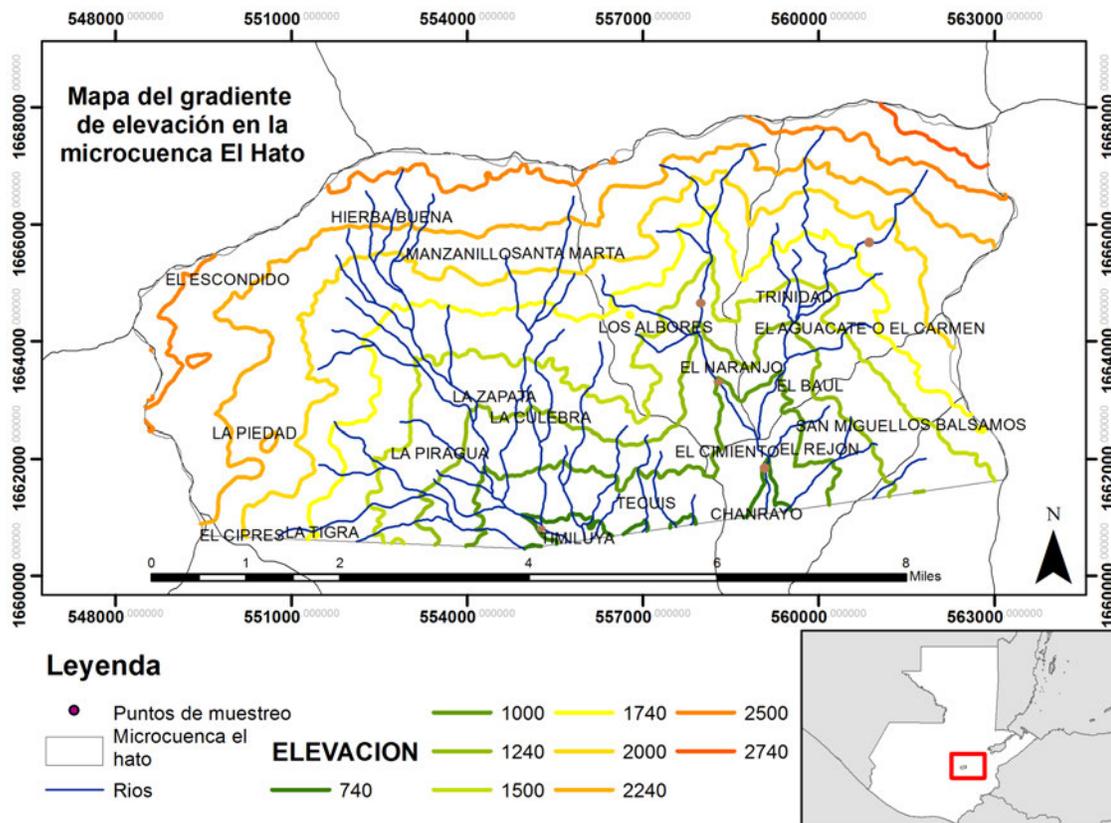
## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, M. (2003). Diagnóstico del uso hídrico de la cuenca del río Motagua en los municipios de San Agustín Acasaguastlán, San Cristóbal Acasaguastlán y el Júcaro, Departamento del el Progreso, Guatemala. San Carlos de Guatemala.
- Ávalos, O. y Rosito, J. (2007). Evaluación hidrológica de las subcuencas Pasabién y Pueblo Viejo. Compensación Equitativa por Servicios Hidrológicos.
- CONAP. 2008. Guatemala y su Biodiversidad un enfoque histórico cultural biológico y económico.
- CONRED. (2021). Acercamiento de frente frío podría genera lluvias durante media semana. Recuperado el 28/05/2021 en <https://conred.gob.gt/acercamiento-de-frente-frio-podria-genera-lluvias-durante-media-semana/>
- Estrada, C. (2017). Síntesis de investigaciones en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas y su zona de influencia. Defensores de la Naturaleza.
- FCG -Fundación para la Conservación de los Recursos Naturales y Ambiente en Guatemala-. (2012), Diagnóstico preliminar de la cuenca del río Motagua. FCG. Guatemala.
- FDN. (2010). IV Actualización Plan Maestro Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. FDN-CONAP.
- ICC. (2017). Manual de medición de caudales. Guatemala.
- Maldonado, C., et al. (2018). Estimación del índice de escasez del agua y valoración económica de la oferta hídrica superficial del Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal (Bucq), Purulhá, Baja Verapaz, Guatemala. Dirección General de Investigación.
- Rojas, E. (2010). Relaciones entre el ingreso forestal, educación, salud y estado del bosque en seis comunidades de San Agustín Acasaguastlán, Guatemala. Tesis de Posgrado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Rosito, J. (2010). Sistematización de información ecohidrológica de la Reserva de la biosfera Sierra de las Minas. Fondo del agua.

Rosito, J. (2015). Ecohidrología y servicios de regulación hidrológica en cuatro subcuencas de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM) y sus aplicaciones para la gestión de recursos hídricos. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. España.

URL, FCAA, IARNA. 2005. Situación del Recurso Hídrico en Guatemala: documento técnico del Perfil Ambiental de Guatemala. URL/FCAA/IARNA & IIA.

## IX. ANEXOS



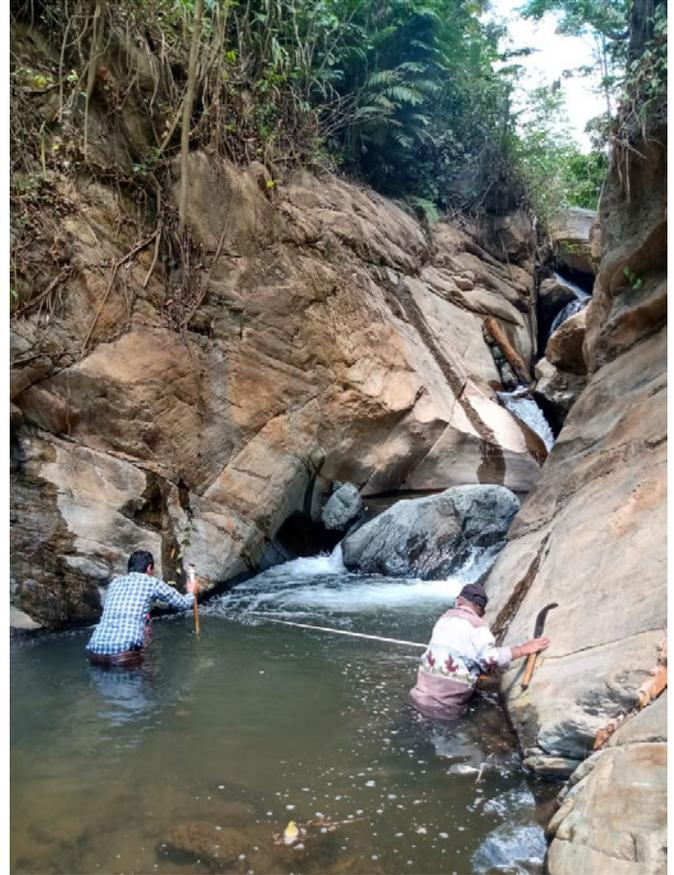
Anexo 1. Mapa del gradiente de elevación en la subcuenca el hato.



Anexo 2. Medición del ancho del río



Anexo 3. Medición del segmento de 20 metros del río.



Anexo 4. Medición de la profundidad y velocidad al inicio, en medio y al final del segmento.