

ECOHIDROLOGÍA

¡Sumérgete en la ciencia que te ayuda a comprender y planear tu territorio!



MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE





Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Fernando Balcázar
Especialista Senior de Sostenibilidad División de
Recursos Naturales- Colombia, 2017- 2020

Carlos Salazar
Especialista Senior de Sostenibilidad División de
Recursos Naturales- Colombia, 2020- 2022

Michael Collins
Especialista Senior de Sostenibilidad División de
Recursos Naturales- Colombia, 2022

Josué Ávila Murillo
Especialista GEF, 2017- 2019

Olga Lucía Bautista Martínez
Especialista GEF, 2019- 2022



Fundación Natura Colombia

Clara Ligia Solano
Directora ejecutiva

Nancy Vargas Tovar
Subdirectora técnica

Claudia Lorena Franco
Subdirectora técnica

Sandra Galán
Subdirectora técnica

Mauricio Rosas
Jefe financiero y contable

Andrea Gutiérrez de Piñeres
Jefe administrativa y de gestión humana

Eliana Garzón
Jefe de comunicaciones

Juan Carlos Alonso
Coordinador proyecto GEF Magdalena - Cauca Vive,
2017 - 2021

Carlos Vieira Betancourt
Coordinador proyecto GEF Magdalena - Cauca Vive, 2022

Carolina Rincón Villafrade
Coordinadora áreas prioritarias de conservación,
2019 - 2021

Beatriz Hernández Castillo
Coordinadora gestión de la salud de los ecosistemas,
2017 - 2021

Ana Cevalyn León
Coordinadora monitoreo y evaluación, 2020 - 2021

Equipo técnico
Gestión de la Salud de los Ecosistemas
Programa de Modelación Ecohidrológica

Martha Cecilia Díaz Barrios
Nelson Obregón Neira
María Carolina Reyes Motavita
Ángela Liliana Gutiérrez Cortés
Javier Fernando Poloche Hernández
Luis Carlos Porto Peralta
Jennifer Guagua Toloza
Adriana Meneses Suárez
Iván Reina Mora
Carlos Alberto Fuentes Cabrejo
Marcelo Barros Vanegas
Jeffer Cañón Hernández
Lina Patricia Bonilla Pérez
Leidy Meneses Suárez
Juan Carlos Garzón Riveros
Luisa Fernanda Mendoza Vargas
Nicolás Duque Gardeazabal
María del Ángel Martínez Rodríguez
Yesid Fernando Rondón Martínez
Claudia Ávila Laverde



**MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE**

Susana Muhamad González
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Luis Gilberto Murillo
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016- 2018

Ricardo Lozano Picón
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018 - 2020

Carlos Eduardo Correa
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020 - 2022



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios
Ambientales (Ideam)

Yolanda González
Directora General

Nelson Omar Vargas
Subdirector de hidrología

Fabio Bernal Quiroga
Profesional especializado



Fondo de Adaptación

Raquel Garavito
Gerente



**Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la
Magdalena (Cormagdalena)**

Pedro Pablo Jurado
Director Ejecutivo

Apoyo comunitario

Habitantes y procesos comunitarios y académicos, ONG,
agremiaciones y autoridades locales y territoriales, de las
ventanas de trabajo río Cesar-ciénaga de Zapatosa, río
San Jorge- ciénaga de Ayapel y río La Vieja.

Autores

Beatriz Hernández Castillo
Luis Carlos Peña Briceño

Coordinación editorial

Ana Cevalyn León
Maura Alejandra C. Callejas

Edición de textos

Luis Carlos Peña

Curaduría técnica

Ana Isabel Sanabria Ochoa

Corrección de estilo

Carlos Andrés Jurado Vásquez

Diseño y diagramación

Ricardo A. Escobar Cancelado

Ilustraciones

Gabriela Otálora

1a edición: enero de 2023
Bogotá D.C., Colombia
ISBN: 978-958-8753-94-2

© Fundación Natura Colombia
Todos los derechos reservados. Se autoriza la
reproducción y difusión del contenido de esta cartilla para
fines educativos u otros fines no comerciales, con previa
autorización de los titulares de los derechos de autor
y citando la fuente. Se prohíbe la reproducción de este
documento para fines comerciales.

Cómo citar:

Hernández Castillo, B., Peña Briceño, L. C. (2022).
*Ecohidrología: ¡sumérgete en la ciencia que te ayuda
a comprender y planear tu territorio!* Fundación
Natura Colombia.



ECOHIDROLOGÍA

Objetivo

En esta cartilla aprenderás, participarás y nos ayudarás a comprender el maravilloso mundo del agua, a través de una ciencia llamada ecohidrología, que nos permite un mejor manejo de nuestro territorio y planeta.

ASÍ ES TU CARTILLA

1 El agua que nos rodea y conecta pág. 6

2 ¡Vamos a la práctica! La ecohidrología en nuestro territorio pág. 22

3 Lo que aprendimos del mundo acuático pág. 42

Mi nombre es Rosmira

Y mi nombre es Julián, nieto de Rosmira

Te invitamos a que hagamos un recorrido por el mundo del agua y conozcamos de cerca la Ecohidrología



Datos acuáticos



En los cuadros azules encontrarás datos fascinantes acerca del agua.

Historias del agua

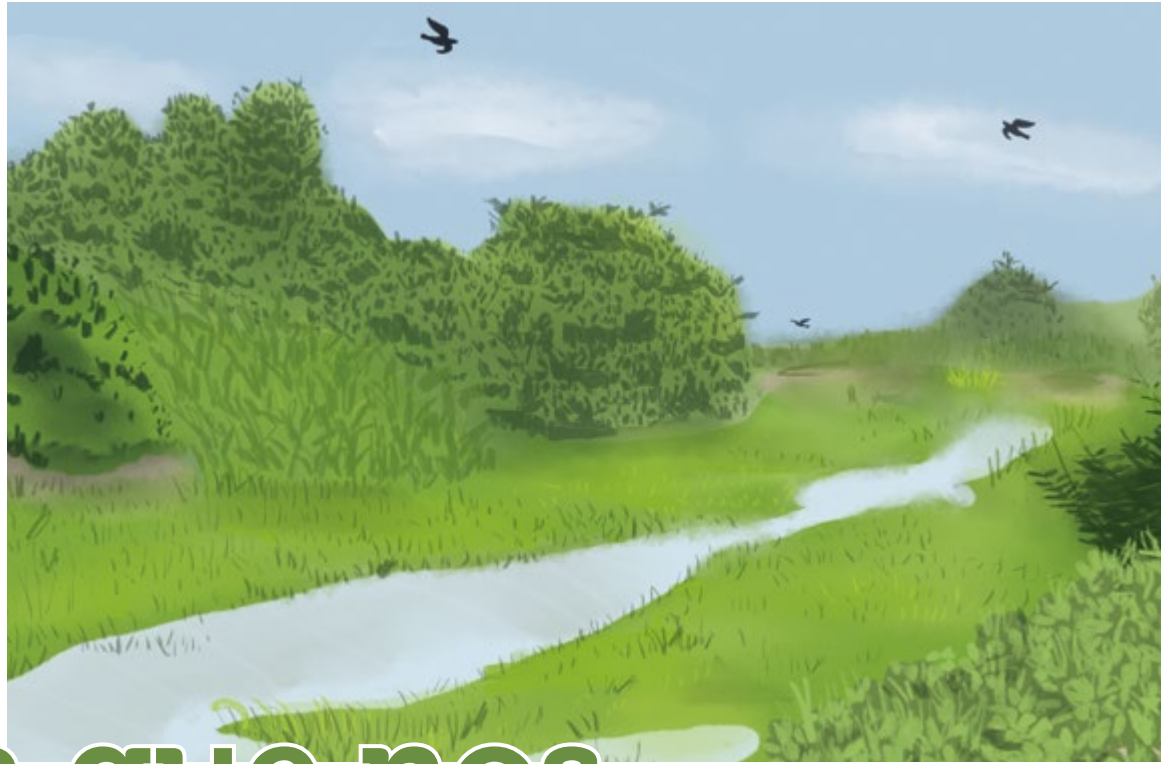


En los cuadros turquesa podrás leer historias y conocer relatos acerca del mundo acuático.

Sabías qué...



En los cuadros verdes estará la definición de palabras raras o que no usamos frecuentemente.



1 El agua que nos rodea y conecta

Entre cielo, río, ciénaga, mar y tierra



Un día estábamos con mi abuela Rosmira en un playón de la ciénaga mirando juntos el cielo, mientras esperábamos que mi papá viniera de pescar y mi mamá llegara de vender algunas patillas que había cultivado unas semanas atrás en la época de sequía. Ese día, más o menos a las diez de la mañana, hacía un calor impresionante y en el cielo se alcanzaban a ver algunas nubes blancas que parecían estar flotando en el aire. Como muchos niños de mi edad, tomé la mano de mi abuela y le pregunté:

– *Abuelita, ¿de qué están hechas las nubes?*

Ella me miró sonriendo y me dijo:

– *Las nubes están hechas de vapor de agua.*

Yo estaba asombrado. Nunca me había imaginado que el agua subiera hasta el cielo y formara las nubes. Entonces mi abuela, un poco cansada por el sol, se sentó en un tronco a la sombra de un árbol y me siguió explicando:

– *Mira a tu alrededor y observa que el agua está en muchas partes: en el río..., en la ciénaga..., en las patillas que cultiva tu mamá..., en el pescado que trae tu papá..., en el aire que respiramos..., en este árbol que nos da sombra..., en el suelo que pisamos... y dentro de todos los seres vivos, como las plantas, los animales, los hongos y nosotros mismos.*

Después, mi abuela tomó mi mano, señaló mi muñeca y me explicó lo siguiente:

– *Mira tu muñeca..., observa tus venas...; piensa que tu sangre circula permanentemente por ellas para mantener vivo a tu cuerpo; para que tus brazos puedan moverse, tus piernas te sostengan y tus ojos puedan ver... Ahora imagina que el agua cumple una función parecida en el planeta: se mueve entre los ríos, las ciénagas, el suelo, el mar y el aire; lleva consigo nutrientes y oxígeno; permite que los peces crezcan y se reproduzcan; que las sandías de los cultivos germinen y sean jugosas.*

Después de escuchar y de comprender que el agua es la base para que muchas de las

Datos acuáticos



Cerca de una cuarta parte del territorio colombiano está conformado por cuerpos de agua como los ríos, ciénagas, lagunas, y otros ecosistemas correspondientes a bosques inundados y zonas encharcadas.

Esto quiere decir que, si el país tuviera la forma de una pizza dividida en cuatro pedazos, uno de esos pedazos estaría cubierto por cuerpos de agua.



cosas que pasan a nuestro alrededor sean posibles, dije:

— *Abuela, pero el agua también nos afecta... ¿Recuerdas ese día de noviembre cuando el río se desbordó? ¡Se nos metió el agua y el barro en la casa, y los cultivos de mi mamá se dañaron!*

— *Claro que lo recuerdo — respondió mi abuela y continuó hablando. —A lo largo de mi vida el río se ha desbordado muchas veces y he visto cómo la gente ha perdido sus cultivos, sus animales y sus casas. Por eso es importante que aprendamos y conozcamos cómo circula el agua, dónde se encuentra, cómo cambia su caudal a lo largo del año... y todo lo que podamos saber que nos ayude a comprender su importancia...*

Ese día en la ciénaga mi abuela y yo seguimos hablando durante horas acerca del agua; de la relación que tiene con los seres vivos, con nuestras fuentes de sustento y alimentación...; con nuestra forma de vivir.

Así, siendo ya de noche, decidimos que juntos podríamos seguir investigando y explorando ese maravilloso mundo dominado por el agua. Pensamos que a través de nuestro aprendizaje podemos brindar a otras personas información acerca de nuestros recursos acuáticos, para que juntos comprendamos mejor nuestro territorio y podamos dar un mejor uso a los recursos naturales que tenemos.



¡Acompáñanos en esta cartilla, para que juntos descifremos el extraordinario mundo acuático!



Entendamos el agua: ¿dónde está y cómo se mueve?

Me gusta mucho salir con mi papá a pescar a la ciénaga. Siempre nos vamos muy temprano, navegamos por el río, recorremos algunos caños y llegamos a algún sitio en donde mi papá lanza la atarraya, porque dice que allí se amañan los peces. Yo voy al frente mirando y avisándole hacia dónde ir para esquivar las zonas en las que hay buchones, unas plantas que flotan en el agua, se mueven constantemente por el viento y en ciertas épocas del año son tan abundantes que forman tapones que nos impiden navegar.

En el recorrido a veces me pongo a pensar:

¿Por qué será que en unas épocas el agua baja y se forman playones muy grandes en la ciénaga, y se secan los caños, mientras que en otras temporadas el río sube y todo está cubierto de agua?

¿Por qué en algunas épocas del año el agua fluye desde el río a la ciénaga y en otras épocas el agua fluye de la ciénaga hacia el río?

¿Todo eso tendrá algo que ver con la forma en la que los peces se mueven?; ¿con la manera en la que el buchón aparece y desaparece?... ¿Con la presencia de aves acuáticas que solo se pueden ver en algunos meses del año?

¡Para responder todo esto te invito a que exploremos juntos algunas cosas que nos ayudan a comprender dónde está y cómo se mueve el agua!...

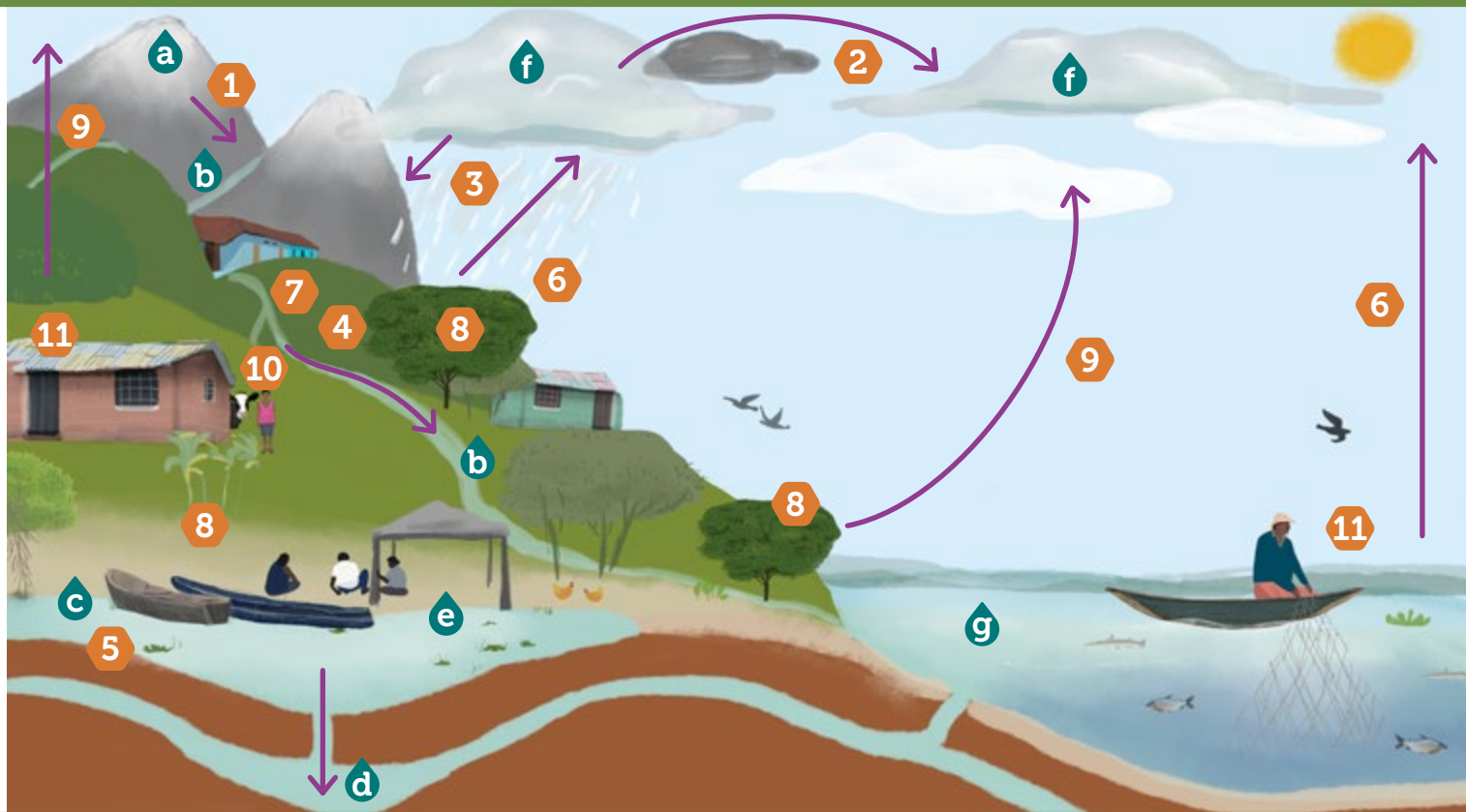
El ciclo del agua

El agua se mueve constantemente entre los ríos, las ciénagas, los lagos, el mar, la tierra, el aire y los seres vivos. En su movimiento, a veces se congela y tiene un estado sólido, otras veces es líquida y otras veces es gaseosa con forma de vapor. Su movimiento abarca todo nuestro planeta; es fundamental para regular el clima y es la base para todos los seres vivos.

Para que conozcas cómo se mueve el agua, observa la siguiente figura. Así conocerás más detalles del ciclo del agua:

¿Dónde se encuentra el agua?

- a** **Nevados y glaciares:** en nuestro país, el hielo y la nieve se encuentran en la cima de las montañas más altas. Allí, el agua permanece congelada, pero cuando la temperatura aumenta, el hielo y la nieve se derriten y el agua fluye hacia abajo de la montaña, por las quebradas y los ríos.
- b** **Ríos y quebradas:** son corrientes de agua que fluyen por la superficie de la tierra.
- c** **Lagunas:** depósitos naturales de agua dulce o salada que pueden, o no, estar conectados con el río o mar. Esta agua no fluye tan rápidamente como en ríos y quebradas.
- d** **Agua subterránea:** bajo la superficie de la tierra hay agua que no vemos y que se encuentra entre las partículas de arena, piedra y arcilla que forma el suelo. Esta agua que se encuentra bajo el suelo es muy importante para mantener las plantas vivas, para tener reservas en los manantiales y acuíferos, de donde algunas personas sacan agua a través de hoyos muy profundos que cavan en el suelo.
- e** **Planicies de inundación:** son áreas que se ubican al lado de los ríos, quebradas o del mar, que se inundan permanentemente o solo en algunos meses en el año, por las características de su terreno. En nuestro país, muchas planicies de inundación están conformadas por ciénagas, ubicadas en la parte baja de las cuencas y se conectan con los ríos permanente o intermitentemente.
- f** **El agua en la atmósfera:** llamamos atmósfera al aire que rodea a la tierra. Ese aire está conformado por gases como el oxígeno que respiramos. Además del oxígeno y muchos otros tipos de gases, la atmósfera tiene vapor de agua en constante movimiento, el cual humedece nuestra piel, las hojas de las plantas y forma las nubes en el cielo.
- g** **Océano:** es la mayor extensión de agua del planeta y cubre la mayor parte de la superficie terrestre. Allí llega el agua que proviene de los ríos y de la lluvia. Desde allí, el agua fluye por corrientes que viajan miles de kilómetros. Otra parte del agua se evapora y vuelve a la atmósfera.



El agua y los procesos que ayudan a que se mueva

- 1 Deshielo:** es cuando el hielo y la nieve que se encuentran en lo alto de las montañas se derriten. Parte del agua que proviene del deshielo baja de las montañas y cae en quebradas, ríos y lagunas; otra parte se infiltra en el suelo (agua subterránea) y otra parte se evapora y vuelve a la atmósfera.
- 2 Condensación:** el aire contiene pequeñas partículas de agua que llamamos vapor. Cuando hay muchas de estas partículas en el aire, se juntan y forman partículas más grandes en pequeñas gotas. A este proceso se le dice condensación.
- 3 Precipitaciones:** las conocemos como lluvia. Cuando hay mucho vapor de agua en la atmósfera, el agua se condensa, se forman nubes grises que vierten agua en forma de lluvia en la tierra y en el mar.
- 4 Escorrentía:** es cuando el agua de la lluvia cae en la superficie de la tierra y escurre hasta alcanzar una quebrada o un río.
- 5 Infiltración:** cuando se nos riega un vaso de agua en la tierra, o cuando regamos las plantas, el agua es absorbida por el suelo. A ese proceso en el que el agua es absorbida por el suelo se le llama infiltración.
- 6 Evaporación:** cuando el agua recibe calor por la radiación del sol, se vuelve vapor y sube a la atmósfera, como cuando una olla con agua se pone a fuego en la estufa. A ese proceso en el que el agua se vuelve vapor se le llama evaporación.
- 7 Flujo de agua superficial:** es el flujo de agua de los ríos, quebradas, arroyos y caños, que se dirige sobre la superficie de la tierra, desde y hacia los planos de inundación, hacia otros ríos o hacia el mar.
- 8 Agua tomada por las plantas:** las plantas como árboles, arbustos o pasto, toman agua del suelo con sus raíces y la acumulan en sus tallos, hojas y frutos.
- 9 Evapotranspiración:** respira profundamente y exhala sobre un vidrio. ¿Notaste que el vidrio se empañó? Eso es porque a través de tu respiración exhalas vapor de agua. Algo parecido hacen las plantas. Ese proceso se llama evapotranspiración.
- 10 Agua en los animales:** todos los animales, incluido el ser humano, participan en el ciclo del agua cuando la beben, sudan y expulsan por la orina. Sin embargo, su rol no es tan grande como el que desempeñan las plantas.
- 11 Agua en las actividades humanas:** los humanos usamos el agua para muchas cosas, como en nuestros hogares, para regar cultivos, generar energía, entre otras. Ese uso por parte nuestra moviliza y transporta el agua entre diversos lugares, por lo que debemos tenerlo en cuenta en el ciclo.

Sabías qué...

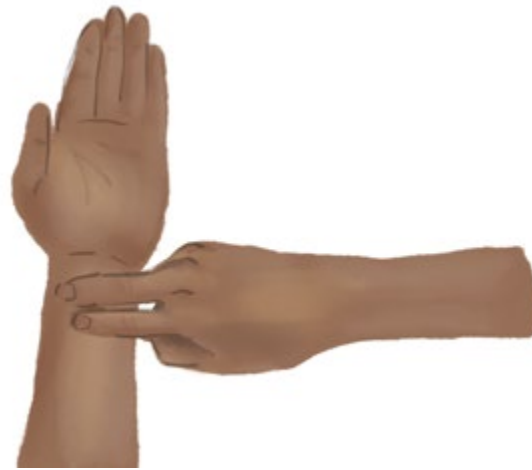


Una **cuenca hidrográfica** es el área donde el agua fluye a una misma red natural de cauces. Pensemos en el río Magdalena. Hacia él fluyen otros ríos más pequeños, como el Cesar y el Sogamoso. A su vez, a estos ríos llegan otros ríos y quebradas más pequeños; a estos, otros cauces más pequeños... y así sucesivamente. Esta conexión forma una especie de red, donde el agua fluye desde las partes más altas, hacia las más bajas. Al territorio donde se encuentra esta red lo llamamos **cuenca hidrográfica**.



El pulso de inundación

¿Te has preguntado por qué hay temporadas del año en las que hay mucha agua, los ríos crecen y se llenan las ciénagas y otras en las que los ríos bajan, los caños se secan y las ciénagas se reducen?



Hagamos el siguiente ejercicio: pon dos dedos de tu mano derecha en tu muñeca izquierda, justo donde se ven tus venas, y siente tus pulsaciones. Ese movimiento, parecido a una palpitación que percibes en tu muñeca, se debe a que tu corazón bombea sangre de forma pulsante; es decir, tu corazón se contrae y se expande entre sesenta a noventa veces en un minuto, permitiendo que se mueva la sangre por todo tu cuerpo.

Entonces, el agua se mueve de forma constante, en una ruta que incluye los ríos, el mar, las ciénagas, los nevados, la atmósfera, el suelo y los seres vivos. Es decir, al igual que la sangre que circula por

todo nuestro cuerpo, el agua se mueve por todo el planeta en un recorrido cíclico y pulsante, parecido al bombeo que sentimos cuando pusimos los dedos en nuestra muñeca.

Por tanto, al tener un movimiento pulsante, la circulación del agua cambia a lo largo del año dependiendo de varias cosas, pero, principalmente, debido al clima. Cuando en una cuenca hidrográfica llega la temporada de lluvias, el agua de la atmósfera que viene de las precipitaciones cae a la tierra y se escurre hacia los cauces de las quebradas, que a su vez llevan el agua hacia los ríos. Al recibir mayor cantidad de agua los ríos suben de nivel y, cuando llegan a lugares planos, se desbordan hacia los costados, donde se encuentran las ciénagas, pantanos y otro tipo de cuerpos de agua.

Posteriormente, cuando llega la temporada de sequía, la cantidad de lluvia disminuye, el nivel de los ríos baja y las zonas inundadas se secan. Esto sucede de forma intercalada en el año, por lo que, pensándolo bien, el agua se mueve con pulsaciones, al igual que la sangre en nuestras venas.

El movimiento del agua y su relación con los ecosistemas

¿Sabes qué tienen en común la abundancia, crecimiento y reproducción del bocachico; los cultivos de sandía, maíz y melón que se siembran en los playones en temporada seca; la abundancia de taruya o buchón en las ciénagas y la

llegada de aves que vienen viajando de países tan lejanos como Canadá?

¡Lo que tienen en común es que todos estos eventos están relacionados con el ciclo del agua y los pulsos de inundación!



Sabías qué...



La **hidrología** es una ciencia que estudia el agua: dónde se encuentra; cómo circula; cómo se distribuye en los océanos, la atmósfera, la superficie terrestre y el suelo.

Fuente: Ideam (2022)

Sabías qué...



Ecosistema es un conjunto de seres vivos, el entorno que los rodea y las relaciones que se tejen entre ellos.

Ecología es la ciencia que estudia los ecosistemas.

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (2020)

Pero, para entenderlo bien, veámoslo por partes:

Ya sabemos que el agua se mueve constantemente en el planeta, entre la atmósfera, el suelo, los ríos, los mares y los seres vivos, y que, en las quebradas, los ríos y ciénagas se observa una especie de latido llamado pulso de inundación, que hace que suban y bajen los niveles del agua a lo largo del año. El conocimiento de todas estas cosas —de cómo el agua circula y se distribuye— se llama hidrología.

Por otro lado, debemos comprender otro término que es muy importante

Cuando pensamos en un espacio, las cosas y los organismos que lo componen, pero además cómo se relaciona lo uno con lo otro, estamos pensando en un ecosistema.

Ya tenemos claro qué hace la hidrología y la ecología. Ahora veamos qué tiene que ver la hidrología con los ecosistemas y la ecología, para comprender el crecimiento, movimiento y reproducción del bocachico:



para responder nuestras preguntas: los ecosistemas. Para respondernos esto imaginemos lo que nos rodea en este preciso momento: árboles, flores, pájaros, insectos, ganado, peces e incluso nosotros mismos como humanos.

También puedes pensar en otros componentes de tu entorno, como el agua, las piedras del río, los rayos del sol, la tierra y el viento.

Ahora imaginemos cómo interactúa todo esto: los pájaros hacen nidos en los árboles y se alimentan de sus frutos...; los peces se mueven a través del agua en donde se alimentan de plantas, insectos o de otros peces...; los insectos se mueven de flor en flor buscando néctar... y el ganado busca sombra bajo los árboles, mientras come pasto y espanta moscas con el movimiento de su cola.

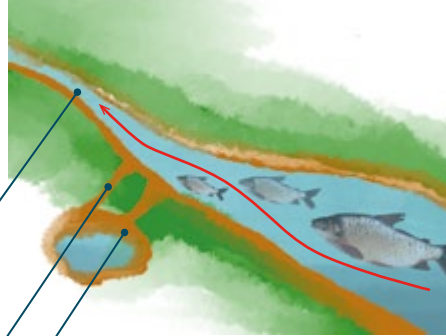
¡¿Moscas?!



El movimiento del agua y la migración del bocachico

Aguas bajas

Cuando el nivel del agua está bajo, algunos peces, como el bocachico, nadan aguas arriba en el río, remontando las corrientes hacia otros ríos y quebradas más pequeñas.



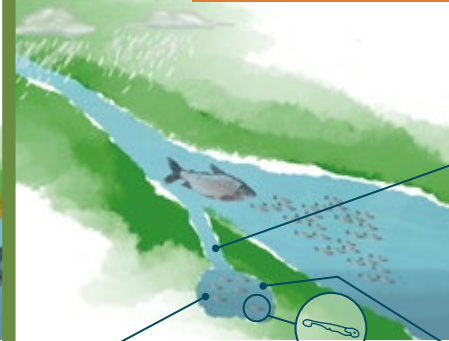
- El nivel del río es bajo.
- Algunos caños que conectan el río con las ciénagas se secan.
- Se reduce la superficie del agua en las ciénagas y se forman playones.

Este movimiento, que realizan en conjunto con otras especies, se llama subienda.

En ese desplazamiento los bocachicos van madurando sus órganos reproductivos.

Aguas en ascenso

Con el inicio de la lluvia, el agua fluye desde las montañas y se escurre hacia abajo, hasta llegar a quebradas y ríos.



- El nivel del agua aumenta paulatinamente, los caños que se habían secado vuelven a tener agua y comienza a fluir hacia las ciénagas.

Los bocachicos que habían subido y remontado el río y las quebradas comienzan a volver aguas abajo, en un evento que se llama bajanza.

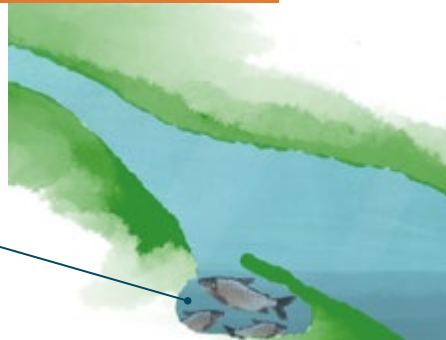
- Millones de huevos fecundados son arrastrados por el agua. Cuando llegan a la parte media y baja de la cuenca, en los sitios de desborde del río, los huevos y pequeños peces acabados de nacer son arrastrados por la corriente hacia las ciénagas.

• Durante la bajanza se produce el desove de huevos en los canales de ríos y quebradas.

• Este es un bocachico 36 a 54 horas después de ser fecundado. Tiene de 5 a 7 mm de largo, aproximadamente.

Aguas altas

El río está en su nivel más alto y las ciénagas alcanzan su mayor extensión de agua. Los playones desaparecen y parte de la vegetación de las orillas queda total o parcialmente sumergida.



- Cuando se alcanza el nivel más alto del agua, los peces recién nacidos arrastrados hacia las ciénagas comienzan a crecer...

... Allí encuentran alimento y refugio que les permite desarrollarse en sus primeras etapas de vida. Los peces adultos también ingresan a las ciénagas, donde encuentran alimento que les permite recuperarse después de la reproducción.

Aguas en descenso

- Las lluvias disminuyen en la cuenca y el caudal de los ríos baja.

La disminución en el nivel de los ríos hace que el agua de las ciénagas también disminuya.

- Se comienzan a formar los playones y allí empieza a germinar la vegetación terrestre.

• Al comenzar a bajar el nivel del agua e incrementar su temperatura, el ambiente en las ciénagas se torna desfavorable para los bocachicos, por lo cual, buscan salir hacia el canal principal del río y abandonar las ciénagas, para comenzar a moverse aguas arriba.



Con la descripción de la migración del bocachico y su relación con el movimiento del agua podemos entender que la forma en la que este se reproduce está estrechamente relacionada con las lluvias, el nivel de los ríos y el flujo de agua desde y hacia las ciénagas. En pocas palabras, gracias al agua y su movimiento ¡podemos tener un delicioso bocachico en nuestros platos!

El agua, su movimiento y su distribución no solamente se relaciona con la forma en la que los peces se mueven y se reproducen; también con la cantidad y tipo de aves que vemos volar en las ciénagas, con la aparición y movimiento de la taruya o buchón... y en general con todas las cosas que vemos a diario en el mundo acuático y lo que lo rodea, ¡incluidos nosotros mismos como humanos!

Movimiento del agua y cultivos en playones de ciénagas

El agua puede transportar muchos nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, muy importantes para las plantas.

Algunos ríos, como el Magdalena, nacen en la parte alta de las montañas y en su recorrido arrastran nutrientes del suelo, rocas, organismos que mueren, sus excreciones y sustancias que llegan con las descargas que se vierten al agua

desde nuestros pueblos y ciudades. Cuando el nivel de los ríos sube, el agua entra a las ciénagas junto con todos los nutrientes que el río ha arrastrado de la parte alta de la cuenca. Cuando el agua baja, muchos de los nutrientes quedan en los playones, lo que permite que estos suelos sean fértiles para cultivar patilla, melón, maíz y otros, en épocas de sequía.



La ecohidrología: una ciencia que nos ayuda a comprender y planear nuestro territorio

Ahora sabemos que la hidrología, la ecología y las ciencias humanas nos permiten relacionar muchas cosas que suceden a nuestro alrededor:

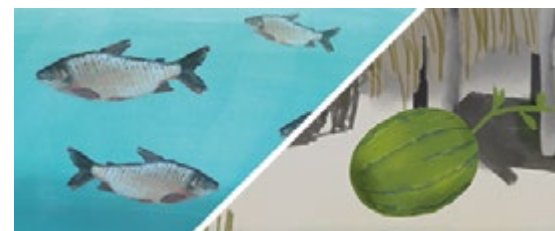
La hidrología nos ayuda a comprender dónde está el agua, cómo, cuándo y por qué se mueve...

...La ecología nos permite saber cómo se relacionan los seres vivos entre sí y con el medio ambiente...

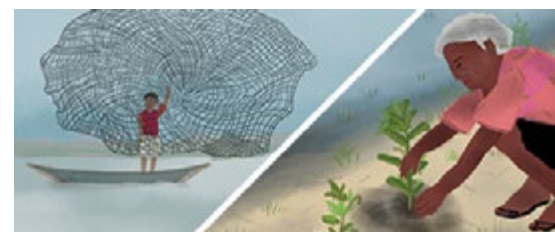
...Y las ciencias humanas nos brindan el conocimiento sobre nuestro papel como personas en el territorio.



1. Podemos comprender un proceso ecológico como la subienda y reproducción de los peces, o el flujo de nutrientes que hace que los playones de las ciénagas sean fértiles en épocas de sequía para sembrar patilla;



2. Relacionamos lo anterior con procesos socioeconómicos como la pesca y la agricultura;



3. Todo esto lo relacionamos con el clima y la forma en la que el agua se mueve...



...estamos hablando de una ciencia que integra la ecología, las ciencias humanas y la hidrología:

Ecohidrología

Al comprender nuestro entorno a partir de la **ecohidrología** podemos encontrar soluciones, alternativas y formas de manejo de nuestro territorio, para garantizar seguir contando con los beneficios que nos presta el medio ambiente.

El entendimiento integrado del agua, los ecosistemas y la gente, lo han desarrollado muchas sociedades en el planeta, y Colombia no ha sido la excepción: algunas culturas indígenas han logrado comprender los procesos ecohidrológicos y se han adaptado a ellos de tal manera que su forma de vida se ha desarrollado en torno al agua:



Escanea este código con tu celular para ver el video ¿Qué es #MagdalenaCaucaVive? en el que se habla de la adaptación y manejo del agua que hacían los Sinú o Zenú.

Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=5U4o8YV3r3c>

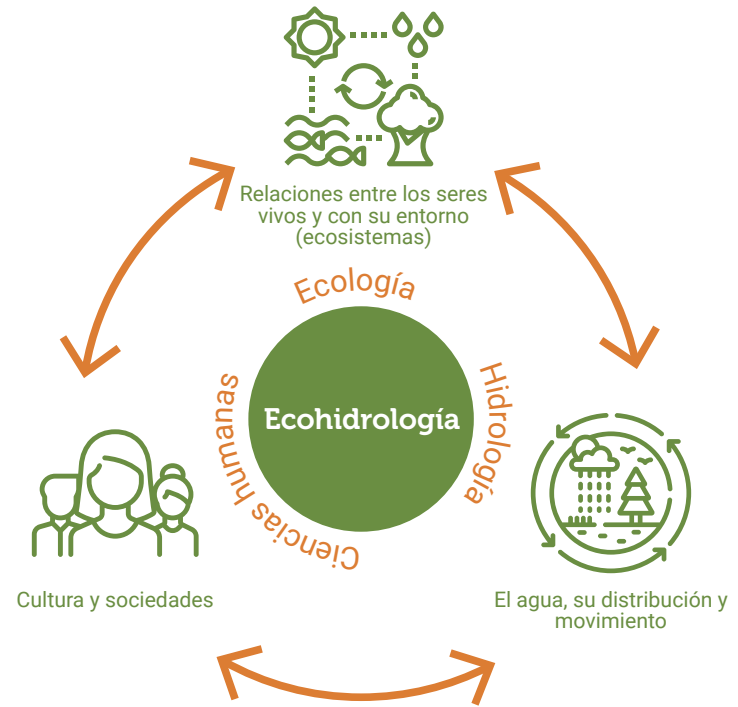
La Ecohidrología



La *ecohidrología* integra lo que sabemos acerca de dónde se encuentra el agua, cómo se distribuye y cómo circula en el planeta, junto con el conocimiento que tenemos de los seres vivos, sus relaciones entre sí y con su ambiente, incluidos a nosotros mismos como humanos y sociedades.



La *ecohidrología* se basa en las ciencias como la *ecología* (que estudia los ecosistemas), las ciencias humanas (que estudia las culturas y sociedades) y la *hidrología* (que estudia la distribución y movimiento del agua)



¿En qué podemos usar la ecohidrología?



Soluciones basadas en la naturaleza

Al entender cómo funcionan los ecosistemas en torno al agua, podemos copiarlos e inspirarnos en soluciones para resolver problemas de nuestra sociedad. Algunas plantas acuáticas pueden ser usadas para atrapar contaminantes del agua. Así esta es más segura para el consumo humano.



Información base para tomar decisiones

Cuando entendemos por qué la circulación del agua en ríos y ciénagas es importante para los seres vivos que habitan estos ecosistemas, podemos tomar mejores decisiones respecto a obras que puedan alterar la circulación natural del agua. El diseño de algunas obras de infraestructura puede establecerse a fin de permitir una circulación de agua que posibilite la migración de peces para su reproducción.



Armonización con modos de vida locales

Cuando comprendemos el modo de vida de las comunidades humanas y su relación con el agua podemos tomar decisiones en torno a la gestión territorial.

En la actualidad es posible adoptar mecanismos hechos por las comunidades a lo largo de miles de años, como adaptación a los ciclos naturales del agua y pulsos de inundación.



Conservación como herramienta para la gestión del agua

Cuando conocemos el papel e importancia de la conservación de los ecosistemas, podemos hacer un mejor manejo en calidad, circulación y distribución del agua. La conservación y restauración de la vegetación nativa, en las rondas y riberas de los cuerpos de agua, permite un mejor control de erosión e inundaciones, además de brindar refugio y alimento a la fauna nativa.

Después de saber lo anterior y todo lo que hemos aprendido hasta esta parte de nuestra cartilla, resumamos tres elementos clave que son la base para trabajar la ecohidrología:



- Conocer el ciclo hidrológico en nuestra cuenca.

- Al conocer los procesos de la hidrología y la ecología podemos mejorar la forma en la que manejamos nuestros recursos, aprovechándolos de forma sostenible.

- Al reconocer la importancia de los ecosistemas y la forma en la que funcionan en torno al agua, podemos usarlos como herramientas para el manejo del agua.



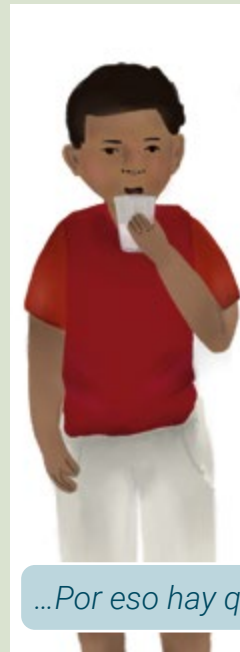
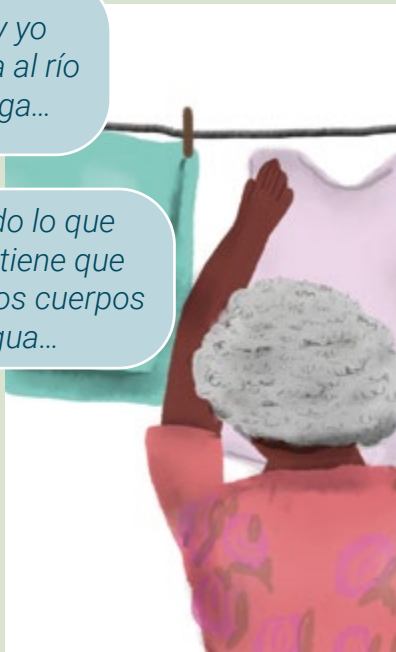
2

**¡Vamos a la práctica!
la ecohidrología en
nuestro territorio**

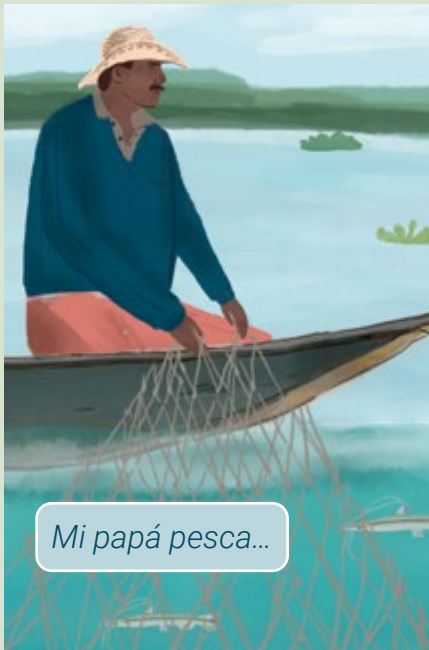


Mi familia y yo vivimos cerca al río y a la ciénaga...

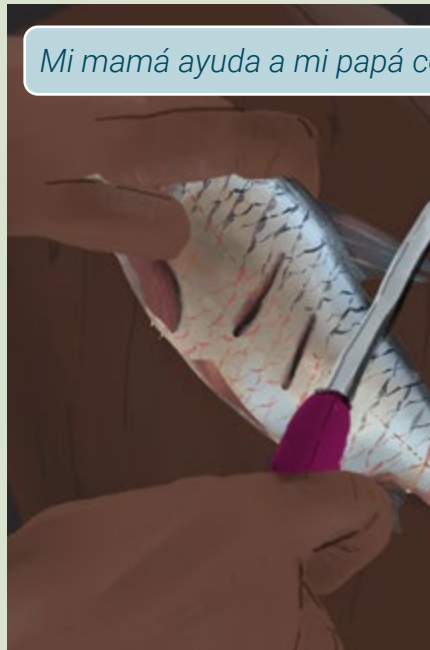
...Casi todo lo que hacemos tiene que ver con estos cuerpos de agua...



...Por eso hay que conocerlos, estudiarlos y cuidarlos...



Mi papá pesca...



Mi mamá ayuda a mi papá con la pesca...



Y en la temporada seca cultiva patilla en los playones que deja la cienaga cuando el agua baja de nivel...



Yo, cada vez que puedo, me voy a nadar con mis amigos ¡y a pescar desde la orilla del río!

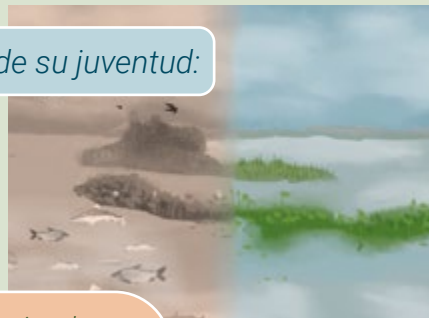


Mi abuela ahora pasa la mayoría de tiempo en casa. Cuando era joven hacía casi lo mismo que mi mamá: ayudaba al abuelo con la pesca y cultivaba frutas deliciosas en las orillas de la ciénaga...

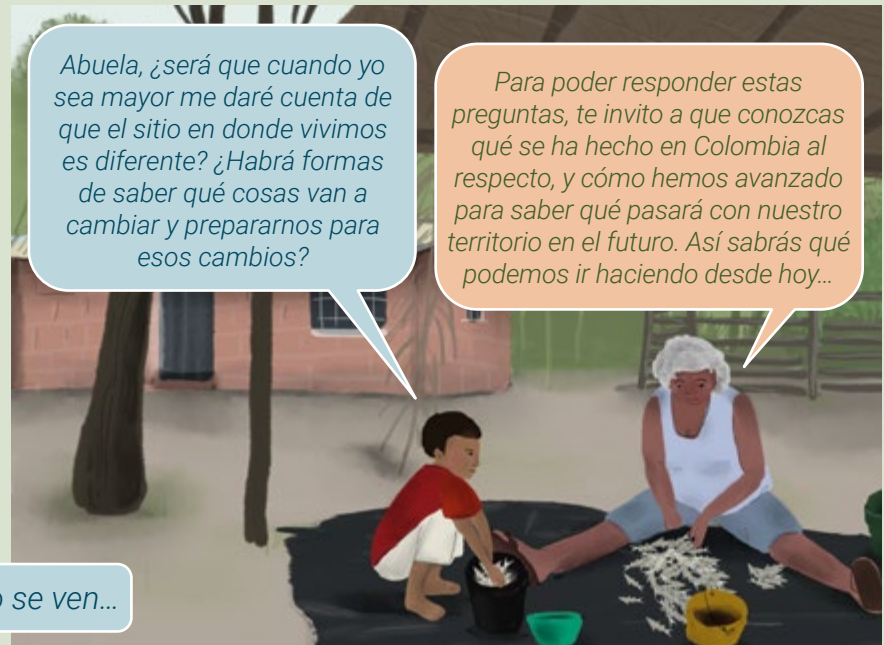


Ella siempre cuenta historias de su juventud:

Ya no se pesca igual que antes... Hay menos cantidad de peces y artes de pesca muy diferentes...



...Se veían animales que ya no se ven...



Abuela, ¿será que cuando yo sea mayor me daré cuenta de que el sitio en donde vivimos es diferente? ¿Habrá formas de saber qué cosas van a cambiar y prepararnos para esos cambios?

Para poder responder estas preguntas, te invito a que conozcas qué se ha hecho en Colombia al respecto, y cómo hemos avanzado para saber qué pasará con nuestro territorio en el futuro. Así sabrás qué podemos ir haciendo desde hoy...



La ecohidrología en Colombia

En Colombia la ecohidrología apenas empieza su desarrollo, si la comparamos con otros países cercanos, como Brasil o Argentina, Centro América y Europa. Sin embargo, tenemos muchos avances que nos sirven de base para implementar la ecohidrología y usarla como herramienta para manejar de una forma sostenible nuestro territorio.

Hoy en día, en nuestro país, existen muchas personas que trabajan para conocer qué pasa con el agua, con los

ecosistemas y con quienes habitan esos ecosistemas. Por ejemplo, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) es una de las entidades que lleva, desde hace varios años atrás, el registro de las lluvias, temperaturas, vientos y otros aspectos del clima, así como niveles del agua en los ríos y ciénagas, a través de su red hidrometeorológica de estaciones. También hace una evaluación del estado de ecosistemas, bosques y deforestación.

La biodiversidad es registrada por muchas entidades, incluidas universidades, institutos de investigación, corporaciones autónomas regionales y gente como nosotros que participa en monitoreos comunitarios. La información que proviene de estas entidades y que está relacionada con las especies de plantas, animales y otros organismos se encuentra en el Sistema de Información de Biodiversidad (SIB) y puede ser consultada por cualquier persona que desee saber más del tema.

Estos son solo dos ejemplos que nos demuestran que Colombia ha hecho esfuerzos recogiendo información que es la base para el conocimiento del estado del agua y la biodiversidad de nuestro territorio.

Esta información nos permite saber muchas cosas sobre nuestro país. Por ejemplo, nos ayuda a conocer qué ha pasado en los lugares en que vivimos, qué recursos teníamos antes, cómo era el río y la ciénaga y cómo ha venido cambiando. Pero también, el estudio del agua y los ecosistemas nos ayuda a saber qué puede pasar en el futuro con nuestro territorio y qué debemos y no debemos hacer para que en los próximos años nuestros hijos y nietos puedan vivir en un lugar seguro y con recursos naturales suficientes para tener una vida de calidad.

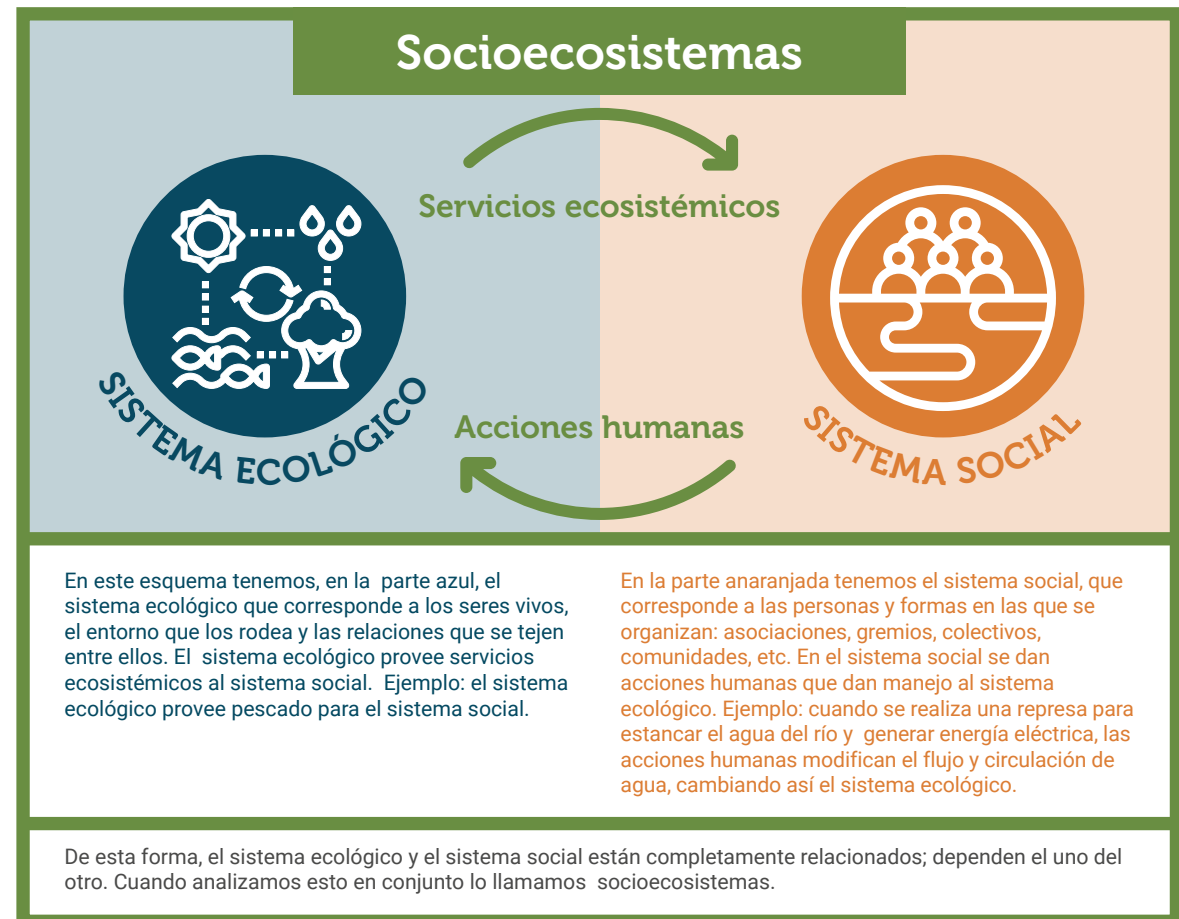
Por eso, con la ayuda de la ecohidrología, que integra el conocimiento que tenemos del agua, seres vivos y ecosistemas, tenemos herramientas para saber cómo debemos manejar nuestro territorio, a fin de apoyar la gestión integral del recurso hídrico, mejorar la seguridad alimentaria y la **salud de los ecosistemas**.

El proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive y la ecohidrología

La Fundación Natura, a través del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive, busca brindarle al país aportes en torno a la ecohidrología; para ello integra las funciones hidrológicas (distribución y circulación del agua) con los ecosistemas (seres vivos, relación

entre sí y con el medio ambiente) y con el componente social.

Cuando se realiza esta integración de los conceptos de ecosistemas-gente estamos hablando de un **socioecosistema**. Veámoslo en el siguiente ejemplo:



Fuente: Martín-López, Gomez-Baggethun & Montes (2009)

Al conocer nuestro **socioecosistema** nos damos cuenta de que muchas de las cosas que lo componen están relacionadas entre sí: la lluvia influye en el nivel de los ríos, el nivel de los ríos influye en la reproducción de los peces, la reproducción de los peces influye en la abundancia de pescado, la abundancia de pescado influye en los ingresos de los pescadores, los ingresos de los pescadores influyen en la nutrición del núcleo familiar... y así sucesivamente. Con base en ello, podemos darnos cuenta de que los cambios en la cantidad de lluvia podrían tener efecto sobre la nutrición de nuestra familia.

Entonces, dado que muchos componentes en el socioecosistema están relacionados entre sí, podemos pensar que los cambios en un componente pueden desencadenar cambios en otros componentes en el futuro; por ejemplo, ¿qué pasará si taponamos un caño que comunica a la ciénaga con el río?: ¿cambiará el flujo de agua entre el río y la ciénaga?; ¿habrá cambios en la calidad y/o cantidad del agua? ¿Qué pasaría con la temperatura del agua en la ciénaga si le interrumpimos la conexión con el río?: ¿será que cambia la pesca?; ¿habrá cambios en la abundancia de la taruya o buchón? ¿Es posible que si taponamos ese caño, se inunden zonas que antes no se inundaban? ¿Cómo afectaría eso a los ingresos de las personas que dependen económicamente de la pesca, la agricultura y el aprovechamiento de los recursos naturales?

Todas estas preguntas y muchas otras es posible responderlas con el uso de modelos ecohidrológicos, los cuales nos permiten saber qué pasará con nuestro socioecosistema en el futuro y con ello podemos decidir qué cosas debemos y no debemos hacer para manejar de la mejor manera nuestro territorio.

Con base en el entendimiento de la dinámica de un socioecosistema y el uso de los modelos ecohidrológicos nos podemos hacer una idea de cómo va a ser nuestro territorio en diez, veinte, treinta años o más.

Sabías qué...



Los **servicios ecosistémicos** son los beneficios que los ecosistemas aportan a la sociedad.

Pensemos en algunos ejemplos:

- Cuando pescamos, sacamos madera del bosque o bebemos agua de una quebrada, obtenemos **servicios ecosistémicos** de aprovisionamiento, que son aquellas materias primas que nos brindan los ecosistemas.
- Los ecosistemas también ayudan a regular muchos procesos que suceden alrededor nuestro: el ciclo del agua, el pulso de inundación, el control del clima. A estos beneficios los llamamos **servicios ecosistémicos de regulación**.
- Cuando nos vamos de paseo al río y nadamos en sus aguas, o cuando, simplemente, nos sentamos a contemplar un paisaje, estamos disfrutando de los beneficios que nos brindan los **servicios ecosistémicos culturales**. Estos servicios están relacionados con las actividades que hacemos como parte de nuestra cultura, para la recreación o en nuestro tiempo libre.
- Existen otros beneficios que consisten en dar soporte o que conforman la base para otros servicios. Por ejemplo, algunos insectos, como las abejas, o algunos cucarrones, ayudan a polinizar ciertas flores. Gracias a ello, las plantas producen frutos. En este caso, el servicio que prestan los insectos da soporte a la producción de frutas, por lo que a este tipo de beneficios los llamamos **servicios ecosistémicos de soporte**.

Ahora es tu turno: piensa en los beneficios que te brindan los ecosistemas. Con base en estos ejemplos, clasifica qué tipo de servicio ecosistémico es.

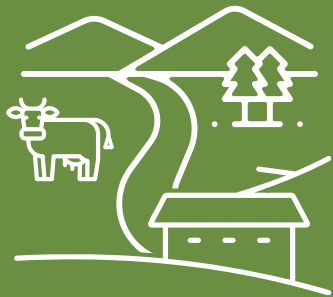
Sabías qué...



Un **modelo** es una representación de la realidad. Por ejemplo, podemos hacer un modelo de la casa donde vivimos usando palos de balsa y cartón. Con ello tendremos una versión miniatura de nuestro hogar.



También podemos hacer un modelo de la zona donde vivimos, parecido a cuando hacemos un pesebre, donde replicamos las cosas que componen el paisaje, como los árboles, el río, los animales y nuestras casas.



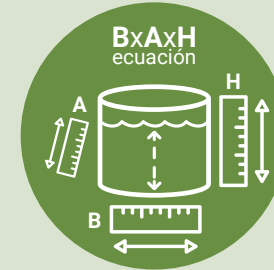
Existen otros modelos, basados en las matemáticas. Por ejemplo, si necesitas saber cuánta agua cabe en un tanque podrías hacer dos cosas:

La primera, sería usar un balde para llenar el tanque y contar con cuántos baldes de agua se llena el tanque.

1



2



La segunda, sería usar un **modelo matemático**: si mides el ancho, el largo y la altura del tanque, y pones las medidas en un modelo matemático (una ecuación), puedes saber cuánta agua le cabe al tanque, ¡sin usar ni una sola gota de agua!



También podemos usar un **modelo** en los computadores. Allí es posible hacer miles de cálculos matemáticos en un segundo y versiones digitales de nuestro territorio (algo parecido al pesebre, pero en el computador). Con ello podemos experimentar muchas cosas, solo mirando en una pantalla.

Así podemos preguntarnos cosas como, ¿qué pasaría si el río subiera más de lo que normalmente sube? ¿Qué zonas inundaría? ¿Qué zonas serían seguras para construir las casas?

También podríamos preguntarnos cosas respecto a las obras que hacemos en nuestro territorio. ¿Qué pasaría si secamos un caño que conecta el río con la ciénaga, a fin de expandir un potrero para la ganadería? ¿Se disminuiría la pesca? ¿Aumentaría la taruya o buchón? ¿Disminuiría el dinero que ganan los pescadores?

Estas y muchas preguntas las podríamos resolver con un modelo. En este caso, el modelo incluiría la circulación del agua, los ecosistemas y a nosotros mismos; es decir, necesitaríamos un modelo ec hidrológico.

Etapas para la construcción de la modelación ecohidrológica

Antes de continuar, y para comprender mejor lo que hizo el proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive, repasemos juntos las palabras más importantes que hemos visto en esta cartilla.
¡Juguemos sopa de letras!



Palabras a buscar:

- Ecología
- Hidrología
- Ciclo del agua
- Pulso de inundación
- Ecosistema
- Socioecosistema
- Cuenca
- Modelación
- Ecohidrología

A	O	P	A	S	I	O	A	P	H	O	S	D	U	E	U	R	L	F
R	D	H	I	D	R	O	L	O	G	I	A	T	N	M	A	S	A	E
D	S	O	C	I	O	E	C	O	S	I	S	T	E	M	A	E	N	D
E	O	T	D	L	C	D	L	L	A	A	A	C	T	A	L	O	H	S
O	T	D	A	R	P	I	O	O	I	R	D	E	E	O	I	M	O	S
D	S	O	I	E	A	B	C	G	U	A	D	E	O	C	E	O	S	E
E	C	O	H	I	D	R	O	L	O	G	Í	A	A	C	C	D	E	O
D	M	O	S	I	D	L	N	N	O	L	I	D	E	E	O	E	Y	V
I	E	I	O	O	O	E	O	O	O	D	N	D	L	O	L	L	O	R
S	C	E	Ñ	C	C	A	Í	I	D	U	E	I	I	I	E	A	S	I
A	O	O	E	E	D	U	O	G	N	A	L	L	S	E	H	C	I	H
R	S	D	S	A	L	O	E	I	A	N	D	T	A	N	T	I	D	I
C	I	A	P	G	A	E	E	H	C	E	S	S	O	G	P	O	D	H
A	S	O	A	E	S	D	E	N	C	I	D	U	E	I	U	N	I	I
D	T	A	E	L	O	A	U	V	C	A	U	A	G	A	S	A	N	R
O	E	U	S	S	G	O	O	O	E	H	U	L	A	S	T	C	G	C
M	M	O	L	L	S	N	C	B	S	M	O	T	G	A	O	D	A	H
E	A	U	I	J	O	P	E	E	O	O	D	B	I	N	A	C	H	N
O	P	S	E	C	M	R	T	N	L	Y	E	O	E	S	M	O	O	I

Sabías qué...



Dato es un evento, hecho u observación que ha sido registrado. Por ejemplo, cuando nace un niño, la madre o el padre lo llevan para tramitar el registro civil. Allí se anotan los nombres del bebé, el de los padres, el sitio de nacimiento y se toman huellas de los pies. Todas estas anotaciones corresponden a **datos**.

Hay entidades que anotan diariamente cuánto llueve, la temperatura del ambiente y el nivel de los ríos. Cada una de estas anotaciones también corresponde a **datos**.

Ahora sí, hagamos un recorrido por las etapas para la construcción de los modelos ecohidrológicos.

Etapa preliminar

Para empezar a construir un modelo necesitamos **datos**. La primera tarea es verificar quién tiene **datos**, pedirlos y recopilarlos. En nuestro caso necesitamos datos de lluvias, temperaturas, vientos, niveles de los ríos, calidad del agua, plantas y animales qué hay, cantidad de peces y cuáles se pescan, mapas que nos permitan conocer cada lugar del territorio y toda la información que nos ayude a entender el socioecosistema.

Además de los datos, en esta etapa debemos conformar un equipo de personas para trabajar. Para ello hay que combinar diferentes tipos de conocimiento, por lo que será bueno contar con biólogos, ingenieros, profesionales en ciencias sociales y miembros de la comunidad que conozcan muy bien el territorio, personas que toman decisiones del territorio.

Etapa 1. Modelos piloto y primeros resultados

Una vez se tienen los datos y las personas del equipo de trabajo, se pueden dar los primeros pasos para la construcción de los modelos.

Veamos un ejemplo sencillo, para comprenderlo mejor:

Supongamos que hay información de lluvias, del nivel del río, de pesca y de ingresos de los pescadores. Esa información la tenemos de enero a diciembre, como se muestra en la siguiente figura:

Modelo piloto - ejemplo:

Mes	Lluvias	Nivel del río	Volumen de pesca	Ingresos de los pescadores
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Septiembre				
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				

Poca lluvia



Nivel bajo



Poca pesca



Menores ingresos



Mucha lluvia



Nivel alto



Mucha pesca



Mayores ingresos

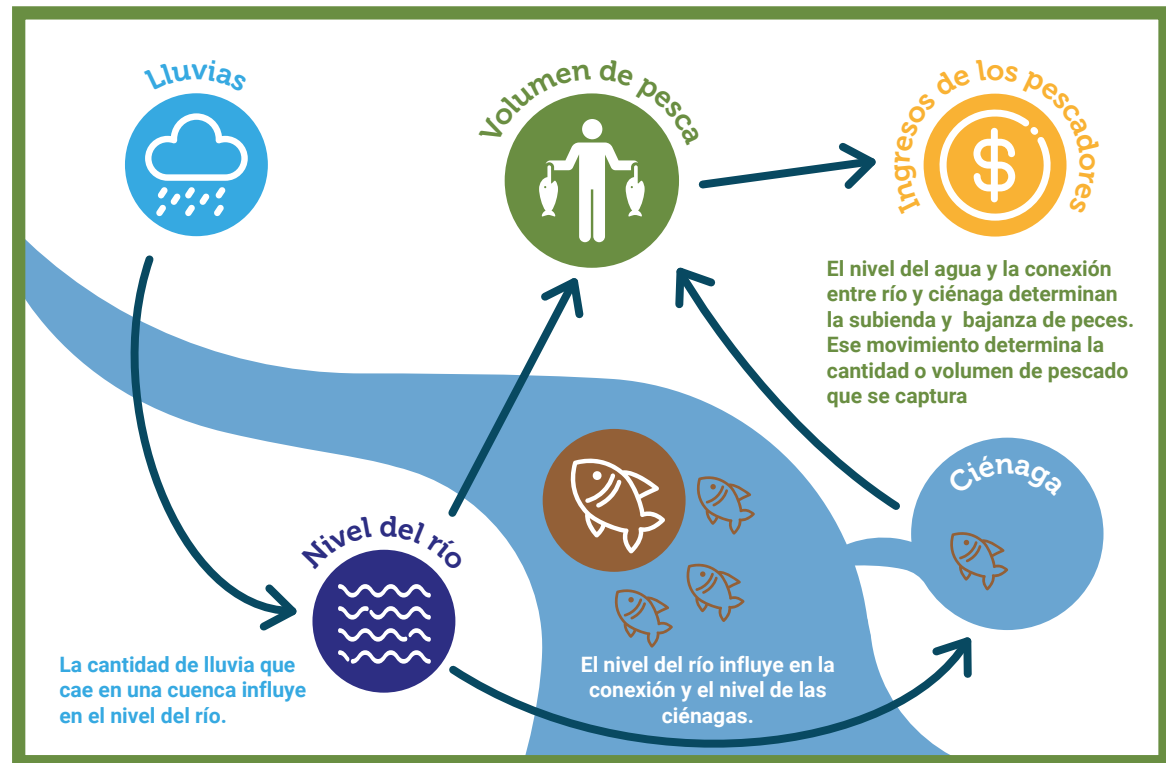


Ahora, con los datos y con el conocimiento que tenemos del socioecosistema pensemos en un modelo que nos ayude a comprender qué tipo de relaciones existen entre las lluvias, el nivel del río, el volumen de pesca y los ingresos de los pescadores:

En esta imagen vemos un ejemplo muy simple de un socioecosistema. Allí se observa cómo la lluvia tiene relación con el nivel del río, el nivel del río con la conexión y nivel de la ciénaga, la conexión entre el río y la ciénaga con la subida y bajanza de los peces, la subida y bajanza de peces con el volumen o cantidad de peces capturados... y finalmente el volumen de peces capturados con los ingresos de los pescadores.

Ahora pensemos que las relaciones que tiene un componente con otro (**flechas azules**) las podemos expresar en un modelo matemático, parecido a lo que ya vimos para calcular la cantidad de agua que le cabe al tanque. Con ello, en nuestro modelo podemos cambiar valores de un componente y experimentar cómo varían los valores en otro. Por ejemplo, en nuestro modelo podemos variar la cantidad de lluvia y experimentar qué cambios podrían pasar con los otros componentes (nivel del río, volumen de pesca, ingresos de los pescadores).

Con esta herramienta podemos hacernos una idea de los cambios que podríamos tener en el futuro si alteramos



uno de los componentes de nuestro socioecosistema, y con ello tomar decisiones a tiempo para gestionar nuestro territorio.

Etapa 2. Elaboración de un plan de muestreo

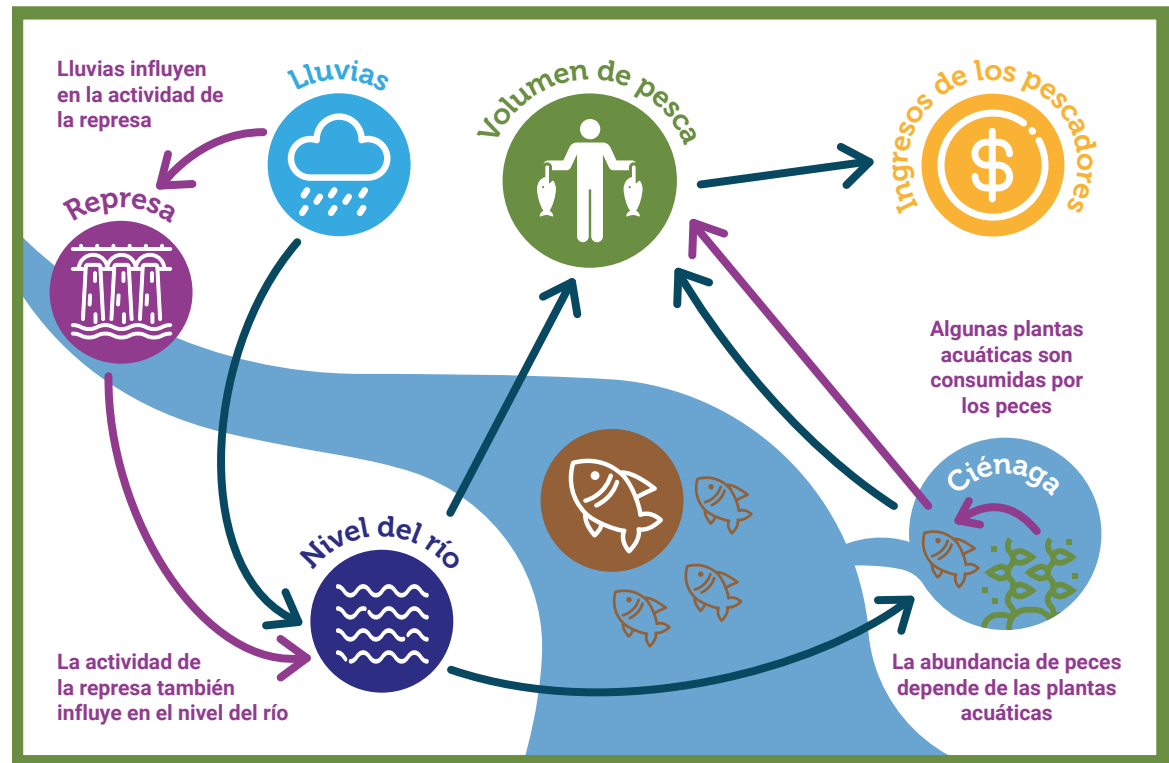
El muestreo consiste en la recopilación de datos sobre el agua y los seres vivos y nos permite recoger información para complementar nuestro modelo. Teniendo claro lo anterior, la elaboración del plan de muestreo consiste en decidir dónde,

cómo, cuándo y quiénes hacen los muestreos. Para ello se seleccionan y localizan los lugares que se visitarán, se definen los métodos que se emplearán para recolectar los datos, así como la manera en la que se analiza la información y se toma la decisión respecto a las fechas y personas que efectuarán los muestreos.

Etapa 3. Refinamiento de modelos

Lo que vimos en la etapa 1 es solo la primera versión del modelo. En la medida en la que avanzamos en el trabajo podemos hacer varios ajustes para que el modelo describa de una mejor forma nuestro **socioecosistema**.

Imagínate que después de realizar nuestra primera versión del modelo, averiguamos con más detalle otros aspectos del socioecosistema y nos damos cuenta de que hay cosas que no habíamos incluido. Cuando pasa eso y necesitamos agregar cosas o quizás corregirlas, estamos hablando de un refinamiento del modelo. Veámoslo en nuestro ejemplo:



Ahora, en nuestro ejemplo, hicimos un refinamiento del modelo. Los cambios los puedes ver en las **líneas de color fucsia**. Ahora, el nivel del río no está influenciado únicamente por las lluvias, sino también por la actividad de una represa. Esta se ve influenciada a su vez por las lluvias.

Por otro lado, la abundancia de pescado no depende únicamente de la conexión entre el río y la ciénaga, sino que también tiene relación con el tipo y cantidad de plantas acuáticas, dado que los peces dependen de las plantas para refugiarse y adquirir alimento.

Con base en el ejemplo anterior, el modelo ecohidrológico puede irse refinando (mejorando, ajustando) en la medida en la que comprendamos mejor el socioecosistema. Con ello tendremos una herramienta más precisa para gestionar (manejar) nuestro territorio.

Sabías qué...



El **cambio climático** se define como el cambio en el clima (condiciones promedio de la temperatura, lluvia y otras características de la atmósfera) que está relacionado principalmente con actividades del ser humano, que han generado gases que se acumulan en la atmósfera y producen el calentamiento global.

Fuentes: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático: Ideam, PNUD, MADS, DNP, Cancillería (2016) & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022).

Etapa 4 . Lineamientos de uso, manejo y conservación para la planificación ambiental territorial

Todo el trabajo de recolección de datos y modelación ecohidrológica tiene un objetivo: tener información y herramientas para poder tomar decisiones acerca del manejo de nuestro territorio, para que los ecosistemas se conserven y nos sigan brindando los servicios ecosistémicos que nos permiten tener una buena calidad de vida. En nuestro ejemplo, gracias al modelo ecohidrológico podemos darnos cuenta de muchas cosas para planear de la mejor forma nuestro territorio.

Pongamos un ejemplo: ¿qué pasaría si de acuerdo con los datos del clima que proyectan los expertos, para el año 2040 hubiera una reducción en la cantidad de lluvias?

El modelo ecohidrológico nos podría indicar que la reducción en las lluvias tiene efectos sobre las conexiones de la ciénaga con el río, afectando la reproducción de los peces, su abundancia y con ello los ingresos de la gente que depende de la pesca. Igual para los cultivos, sin agua no hay cosechas. Es decir, si no hiciéramos nada al respecto, en el año 2040 tendríamos un problema social debido al cambio climático.

Por otro lado, a partir del modelo podemos anticiparnos y planificar a tiempo cómo afrontar los cambios: por ejemplo, para que la gente no se vea tan afectada, podríamos diseñar programas

para que haya sistemas productivos alternativos a la pesca y con ello generar menos dependencia de la abundancia de pescado, a través de otros ingresos económicos y de planear el ordenamiento del territorio para evitar la expansión ganadera y desecación de caños que conectan el río y quebradas con la ciénaga. Estos son solo unos ejemplos de las decisiones que podríamos tomar con base en la información que nos provee la modelación ecohidrológica.

Etapa 5. Análisis integral y resultados

En esta etapa se hace una integración de toda la información recolectada, campañas de muestreo y de los resultados que dieron los modelos. También se realizan socializaciones con las comunidades locales, instituciones y las universidades, para entregar los aportes que se obtuvieron a través de todas estas etapas.

Además, en el ámbito regional se ofrecen, a todos los actores, unas capacitaciones a profundidad de todo lo que hemos visto en esta cartilla, para que la gente pueda entender, refinar y replicar esta metodología en sus territorios.

Resultados de la modelación ecohidrológica del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive

Fundación Natura, a través del proyecto Magdalena-Cauca Vive, trabajó en tres lugares de la macrocuenca: la ciénaga de Zapatosa y el río Cesar, la ciénaga de Ayapel y el río San Jorge y la cuenca del río La Vieja.

Para cada uno de estos lugares se recopiló información existente, proveniente de diferentes instituciones en el país:



Posteriormente se conformó un equipo de personas con conocimientos en el territorio, biología, ecología, hidrología, hidráulica, química, ciencias sociales, geografía, cartografía y planificación.

Con la información recolectada y el equipo de trabajo conformado por personas vinculadas al Programa de Modelación Ecohidrológica del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive y al Centro Nacional de Modelación y pronóstico del Ideam, se desarrolló el modelo ecohidrológico para cada uno de los lugares de trabajo (ciénaga de Zapatosa y río Cesar, ciénaga de Ayapel y río San Jorge y para la cuenca del río La Vieja). Para ello se usaron datos de procesos ecológicos, sociales, cartográficos (mapas) e hidrológicos-hidráulicos que determinan la salud ecosistémica de los sitios donde se hizo la modelación.

Elaboración del modelo ecohidrológico

¿Quiénes hicieron los modelos ecohidrológicos?



¿Qué conforma los modelos ecohidrológicos?



¿Cuál es el objetivo del modelamiento en estos lugares?

Comprender y gestionar la salud ecosistémica de los territorios

Se hicieron unas campañas de muestreo para obtener datos adicionales a la información recopilada inicialmente. Estos nuevos datos de las campañas tienen el fin de llenar algunos vacíos de información y proporcionar datos recientes

para refinar el modelo, de acuerdo al análisis hecho por los investigadores de Fundación Natura, que hicieron parte del equipo del Programa de Modelación Ecohidrológica (Hernández y otros, 2021).

Campañas de muestreo de la ciénaga de Zapatos

Los muestreos se hicieron en **13 áreas** de la ciénaga de Zapatos

Fito y zooplancton

Pequeños organismos animales y vegetales que se encuentran en el agua y no podemos observar a simple vista

Macrófitas

Plantas acuáticas

Macroinvertebrados

Insectos, caracoles, camarones y otros animales que podemos observar a simple vista

Agua

Propiedades físicas y químicas

Sedimentos

Peces

Los datos de las campañas de muestreo sirven para:

- Complementar los modelos ecohidrológicos.
- Permiten llenar los vacíos de información, refinar el modelo y con ello tener una herramienta más acertada.
- Brinda información actualizada acerca de los ecosistemas y la hidrología.

Se hicieron en **3 temporadas** del ciclo hidrológico:



Temporada seca



Temporada intermedia



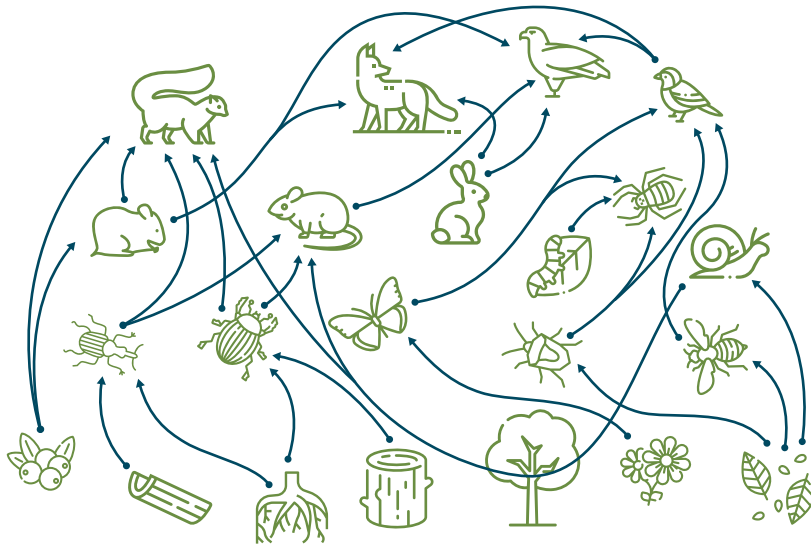
Temporada aguas altas

Adicionalmente, se realizó una modelación trófica para las ciénagas de Ayapel y Zapatosa, que permite comprender cuáles organismos consumen y son consumidos por otros, y con ello comprender sus relaciones, además del flujo de nutrientes en el ecosistema.

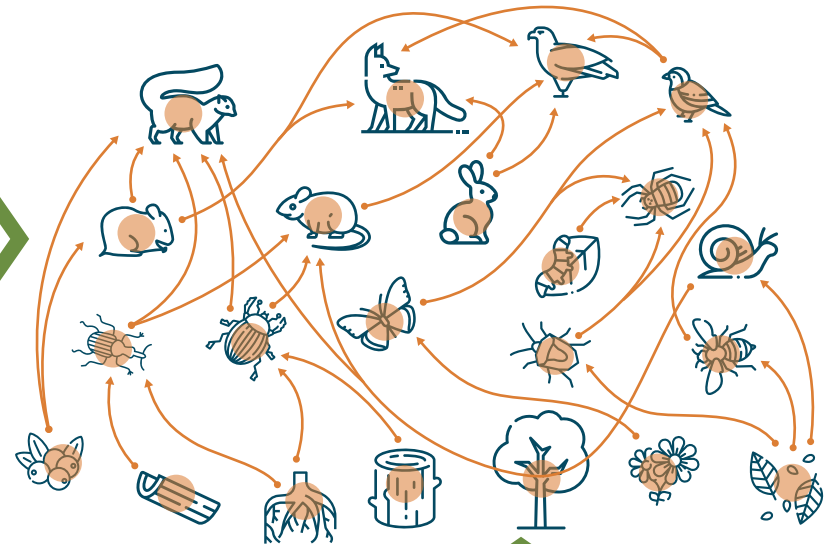
El proyecto GEF Magdalena Cauca-Vive realizó modelos tróficos en la ciénaga de Ayapel y río San Jorge, y en la ciénaga de Zapatosa y río Cesar.

Un modelo trófico para complementar el modelo ecohidrológico

Este es un dibujo de una red trófica. Consiste en representar cuáles organismos consumen o son consumidos por otros en el ecosistema:



El flujo de un elemento químico como este (●) entre los seres vivos y otros componentes del ecosistema se pueden representar en un modelo.

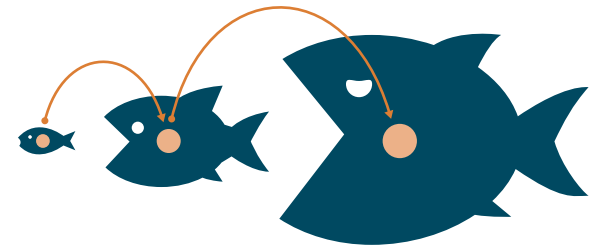


¿Para qué sirve un modelo trófico en la modelación ecohidrológica?

La red trófica es un aspecto muy importante de la ecología y nos ayuda a comprender las relaciones entre los seres vivos. En la medida en la que conozcamos mejor estas relaciones podemos tener modelos ecohidrológicos más precisos que nos brinden mejor información para tomar decisiones.

En el caso del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive, la red trófica se hizo en torno a un elemento químico llamado carbono, que conforma gran parte de los tejidos de los seres vivos.

El modelo trófico en torno al carbono nos ayuda a comprender cómo circula este elemento en los ecosistemas. Junto al modelo ecohidrológico, nos muestra cómo podría cambiar el flujo de nutrientes en torno a otros aspectos como las lluvias, el caudal de los ríos y todo aquel componente que hayamos incluido en nuestro modelo.



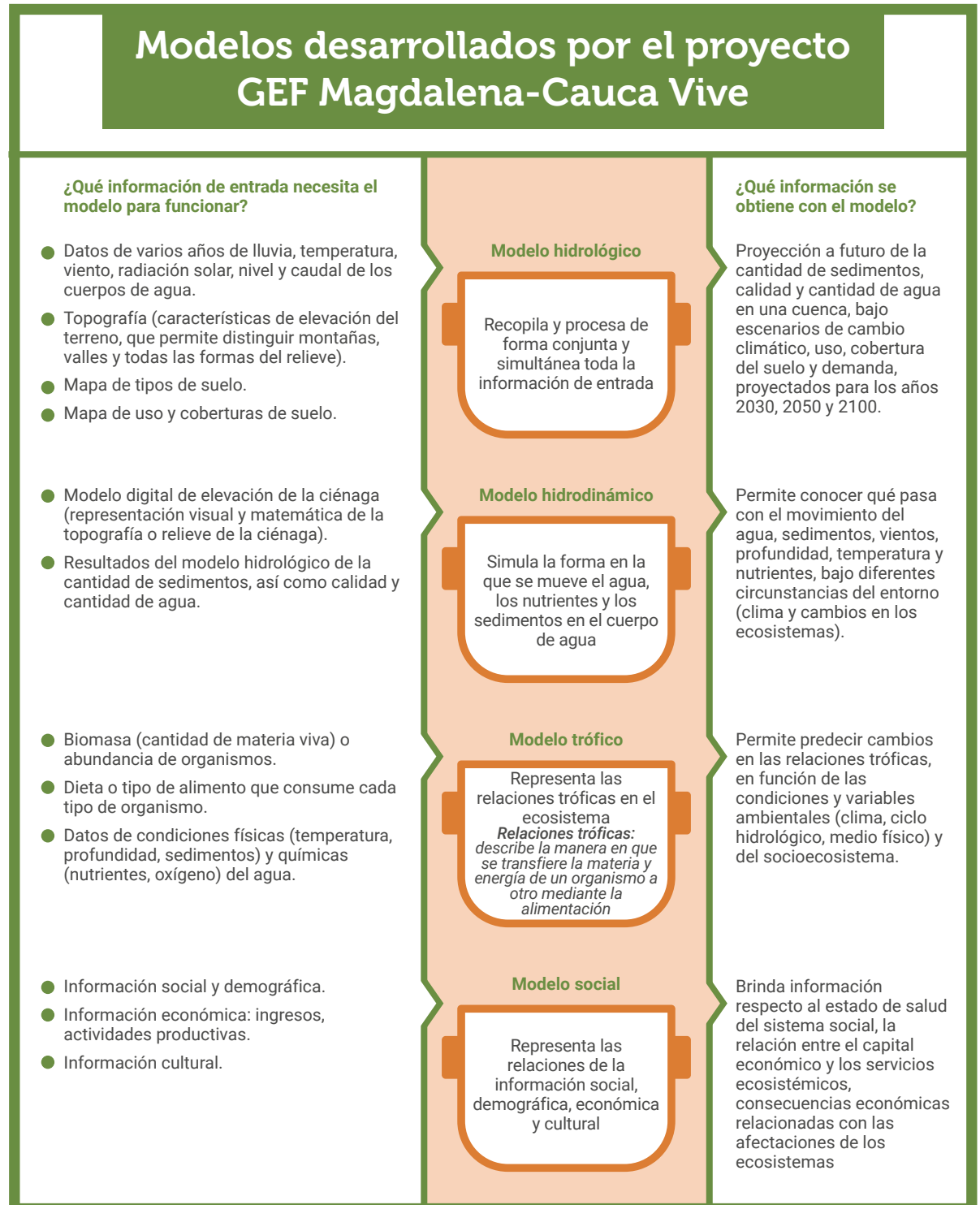
Cuando un organismo consume a otro, sus tejidos absorben los elementos que componen al otro organismo.

Los modelos también pueden aplicarse a nosotros, nuestra sociedad, cultura y economía. Para nuestro caso, el modelo socioeconómico y cultural tomó como base los servicios ecosistémicos y las acciones que hacen las comunidades ante situaciones como la disminución de pesca, deterioro del suelo para sembrar, inundaciones y otros aspectos relacionados con el manejo del territorio.

Con base en el modelo trófico, el modelo socioeconómico y cultural y los modelos hidrológicos, se realizó la modelación ecohidrológica que permitió obtener los siguientes resultados (Hernández y Díaz, 2021):

Para entender mejor los modelos desarrollados por Fundación Natura, a través del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive, pensemos en la siguiente comparación:

Imagina que quieres preparar un almuerzo y para ello necesitas tres pasos básicos: tener los ingredientes, una receta y un lugar donde cocinar. Para usar los modelos se requieren tres pasos similares: se necesita la información de entrada (ingredientes), el modelo (receta que seguiremos) y el computador (lugar donde cocinamos).



Utilidad de los modelos

Fundación Natura, a través del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive, desarrolló modelos para diferentes sectores de Colombia. Gracias a ello, las instituciones locales, regionales y nacionales, así como todas las personas interesadas, pueden emplear los modelos para el entendimiento y gestión de su territorio, del recurso hídrico y de la salud de los ecosistemas.



¿Para qué podemos usar los modelos y sus resultados en nuestro territorio?

- Predicción de cambios en el futuro respecto al uso y cobertura del suelo.
- Gestión y manejo del agua para el consumo humano y uso agrícola con base en las predicciones de cantidad, disponibilidad, calidad y escenarios de cambio climático.
- Gestión de riesgos asociado a inundaciones y sequías.
- Planeación del territorio para el establecimiento de viviendas y sistemas productivos adaptados a la dinámica del agua.
- Identificación, priorización y preservación de áreas de importancia para las comunidades hidrobiológicas (algas, macroinvertebrados acuáticos, macrófitas y los peces), la pesca.
- Entendimiento del arrastre y abundancia de taruya o macrófitas para el uso y aprovechamiento de la ciénaga.
- Definición de bases conceptuales para proponer estrategias de manejo y conservación de los ecosistemas que conforman los cuerpos de agua y su entorno.
- Predicción de cambios en la producción pesquera bajo la predicción de diferentes escenarios de manejo pesquero.
- Predicción de impactos potenciales de la contaminación del agua para el futuro uso y aprovechamiento de los recursos naturales de las ciénagas.
- Definición de los impactos y vulnerabilidad social ante futuros escenarios de cambio en la disponibilidad de recursos naturales, así como la disponibilidad de agua (cantidad y calidad), alimento (peces) y cobertura vegetal.
- Herramienta para la planificación y apoyo a los procesos de toma de decisiones de todos los actores involucrados, en el manejo de los ecosistemas acuáticos y la gestión integral del recurso hídrico.
- Contribución al diseño de estrategias para la gestión del bienestar socioeconómico en el marco de la conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

¿Quiénes pueden utilizar los modelos?



Asociaciones de pescadores



Alcaldías



Autoridades ambientales



Agricultores



Juntas de acción comunal



Gobernaciones



Institutos de investigación



ONG



Academia



Otras entidades gubernamentales nacionales, regionales y locales



Sectores productivos



Comunidad en general

ECOHIDROLOGÍA

Principales aportes del Programa de Modelamiento Ecohidrológico del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive

Transferencia de conocimientos, resultados y experiencias



160 personas capacitadas.

71 instituciones participantes.

Una herramienta informática de acceso público.

El aprendizaje del Programa de Modelamiento Ecohidrológico y los resultados obtenidos brindan a Colombia herramientas para la gestión y manejo de los socioecosistemas en torno al agua.

Por ese motivo, la Fundación Natura, a través del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive realizó tres diplomados dirigidos a las entidades y comunidades, para que las personas puedan aplicar los conocimientos de la ecohidrología en sus territorios.

Socialización y retroalimentación



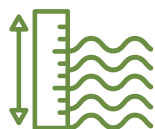
Desde el inicio del proceso, en el año 2017, hasta el 2021, el Programa de Modelamiento Ecohidrológico se apoyó con las comunidades locales e instituciones como el Ideam, las corporaciones autónomas regionales, organizaciones no gubernamentales y universidades, con las cuales se hicieron talleres y reuniones para socializar los avances y recibir aportes que permitieron construir conocimiento, en conjunto con el proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive.

Mantenimiento a estaciones hidroclimáticas



El proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive aportó con el mantenimiento de la red hidroclimática del Ideam (mide niveles y caudales de los cuerpos de agua y variables climáticas como la temperatura, lluvia y humedad) en la ciénaga de Zapatosa y el río Cesar.

Instalación de estaciones limnimétricas



2 estaciones limnimétricas fueron instaladas a la entrada y salida de la ciénaga de Zapatosa.

Las estaciones limnimétricas miden el nivel del agua de ríos, quebradas, ciénagas o cualquier otro tipo de sistema hídrico. Esto se hace a través de una mira o regla dividida en centímetros, la cual es observada a diario por una persona que anota el nivel que indica esta herramienta.

Instalación de estación hidrológica automática



El proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive instaló una estación automática que registra:

- **Precipitaciones**
- **Temperatura del agua y aire**
- **Viento**
- **Humedad relativa**
- **Radiación solar**
- **Nivel del agua**

La estación se instaló en la isla Barrancones de la ciénaga de Zapatosa.

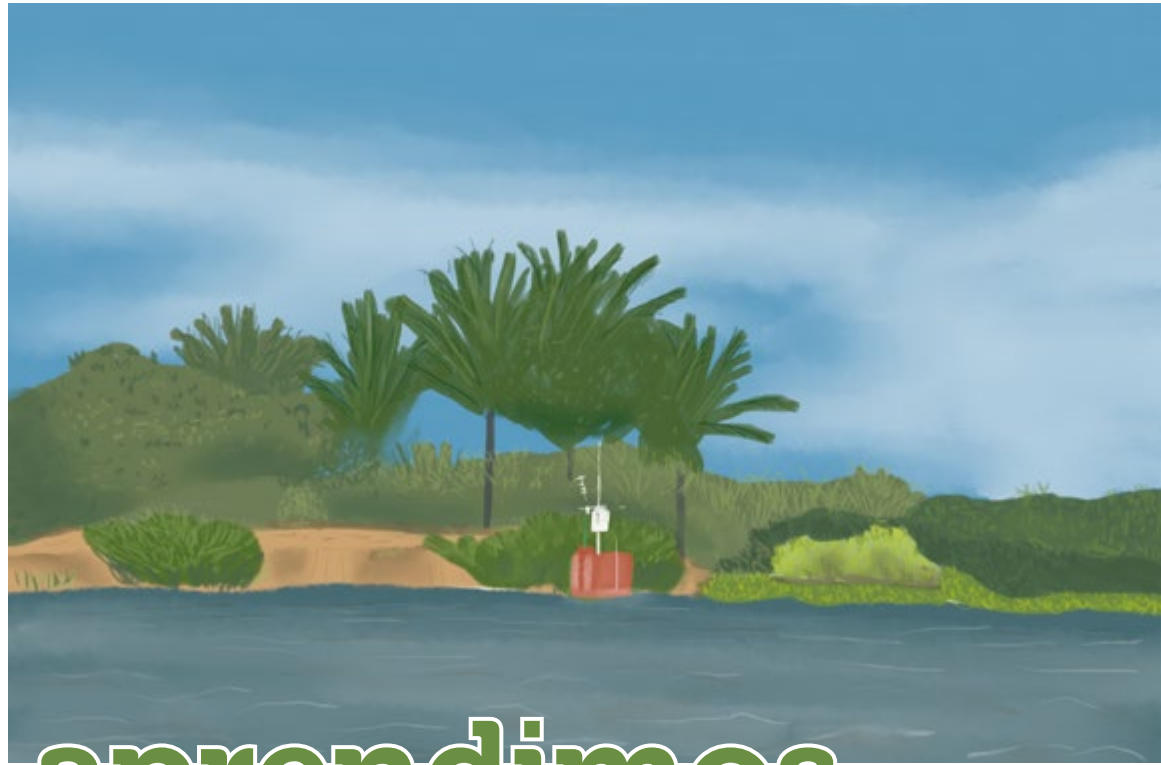
Lineamientos para toma de decisiones sobre uso, manejo y conservación



Todo el trabajo que se realizó en el modelamiento ecohidrológico tiene el fin de brindar bases y guía para tomar decisiones sobre el uso, manejo y conservación de los territorios. En la siguiente sección de este documento podrás encontrar algunos lineamientos y conclusiones que el equipo de trabajo de Fundación Natura del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive preparó con base en el trabajo realizado.

3

Lo que aprendimos del mundo acuático





Había pasado unos días desde aquella mañana, cuando estábamos mi abuela y yo a la orilla de la ciénaga esperando a que mi papá volviera de pescar y mi mamá acabara de vender unas patillas, mientras hablábamos de qué estaban hechas las nubes...

En estos días pude comprender muchas cosas que antes no sabía: cómo se mueve el agua (ciclo del agua); por qué hay temporadas en las que el nivel del agua sube y otras en las que baja (pulso de inundación); la relación que tiene el movimiento del agua con los

procesos del ecosistema (por ejemplo con la subienda de pescado); que existe una ciencia llamada ecohidrología, que consiste en la integración de lo que conocemos de los ecosistemas, la circulación y distribución del agua y las personas, y que a partir de la misma podemos desarrollar herramientas para manejar mejor nuestro territorio.

A partir de lo anterior, comprendí que, por un lado, el agua, su distribución, circulación y el clima (hidrología), regula a los seres vivos (biota). Por ejemplo, el nivel del río determina la reproducción del

También aprendí que es posible hacer modelos ecohidrológicos: representaciones de lo que pasa con el agua, los ecosistemas y las comunidades, y que con ellos podemos proyectar escenarios futuros, para tomar mejores decisiones en el presente.

bocachico y la fertilidad de los playones para que crezcan plantas, pero al mismo tiempo los seres vivos determinan la distribución, circulación y calidad del agua. La vegetación terrestre ayuda a mover agua del suelo hacia la atmósfera, a través de la evapotranspiración, mientras que algunas plantas acuáticas almacenan contaminantes en sus tejidos, ayudando a que mejore la calidad del agua.

Entonces, tanto la hidrología regula a la biota, como la biota a la hidrología, y esta regulación doble permite el soporte de los servicios ecosistémicos; que se regule la disponibilidad y calidad de agua; que se conserve la biodiversidad y que los socioecosistemas resistan impactos que sucedan en su interior o alrededor.

También reconozco que las comunidades tienen un papel importante y responsable en todo el manejo de los recursos naturales, y en los servicios de los cuales vivimos, que se pueden agotar si no actuamos en su manejo adecuado y conservación.

Por otro lado, a partir del estudio de la ecohidrología y su uso para la toma de decisiones es posible brindar bases para la solución de problemas relacionados con:



Pérdida de hábitats:

Los modelos ecohidrológicos nos permiten entender los cambios que pueden tener los ecosistemas en diferentes escenarios (por ejemplo, ante el cambio climático o la construcción de una obra civil) y con ello anticiparnos y saber cuáles hábitats pueden verse afectados en el futuro y cómo esto podría afectar la biodiversidad.

Inundaciones y sequías:

A partir del conocimiento de la hidrología y su relación con la biota podemos definir cuáles áreas de nuestro territorio son más vulnerables ante escenarios de inundaciones y sequías, y con ello tomar decisiones a tiempo para poder evitar o disminuir su impacto en nuestro bienestar.

Contaminantes y nutrientes:

Cuando conocemos cómo los nutrientes y contaminantes fluyen a través del agua, y además comprendemos que naturalmente algunas especies de plantas absorben ciertos contaminantes, podemos emplear este conocimiento para el manejo de la calidad del agua.

Sobre-explotación del agua:

Uno de los problemas más frecuentes es la extracción o uso indiscriminado del agua (por ejemplo, para riego agrícola, infraestructura urbana) que afecta otros componentes del socioecosistema. Por lo tanto, es necesario que conozcamos cuáles son las respuestas del ecosistema ante variaciones en la disponibilidad de agua, y con ello podemos tomar decisiones que nos permitan hacer uso del recurso sin afectar gravemente otros componentes del ecosistema.

Además de lo anterior, con base en lo que aprendimos, el Programa de Modelamiento Ecohidrológico del proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive propone unos lineamientos o guías para que puedan ser tenidos en cuenta en la toma de decisiones y planificación de los territorios:



La salud de los ecosistemas y la seguridad hídrica como eje principal de la gestión integrada de los recursos hídricos

El desarrollo de políticas, normativas e instrumentos de planificación de los territorios, relacionados con la gestión integrada de los recursos hídricos, debe centrarse en el manejo socioecosistémico que apunte al sostenimiento y mejoramiento de la salud de los ecosistemas, garantizando la seguridad hídrica para los territorios y la prestación de servicios ecosistémicos; por tanto, es necesario disponer de los recursos necesarios para tal fin.

Esto quiere decir que el manejo que se plantee en torno al agua, en el ámbito institucional (alcaldías, gobernaciones, Presidencia de la República, corporaciones autónomas regionales [CAR], ministerios, universidades) y comunitario (asociaciones, agremiaciones, resguardos, colectivos), debe considerar lo integral del socioecosistema (gente, cultura, seres vivos, suelo, recursos naturales), para que se tomen decisiones que tengan en cuenta todos los componentes (Hernández y Machado, 2021).

Recopilación y divulgación del conocimiento

El conocimiento que se genere en relación con las variables ecohidrológicas (ecosistemas, hidrología, biodiversidad, calidad del agua, etc.) debe ser recopilado y compartido para llenar los vacíos de información, tener datos relevantes y nuevas metodologías desarrolladas que nos permitan orientar de la mejor forma las decisiones locales, regionales y nacionales. Como lo explican los investigadores de Fundación Natura en el documento Capacitación transferencia de conocimientos y resultados (Hernández y Ariza, 2021), en la medida en la que se cuente con datos e información de calidad y actualizada para cada uno de los componentes del socioecosistema en la mayoría del área geográfica del territorio, se podrán alimentar los modelos ecohidrológicos para obtener una herramienta más precisa en cuanto a la toma de decisiones.

Restauración ecológica de rondas y otras zonas estratégicas

La restauración ecológica corresponde a acciones enfocadas a recuperar un ecosistema que ha sido degradado. A partir de la ecohidrología, se define que la salud de los ecosistemas representa un factor importante para la regulación del agua y la prestación de otros servicios ecosistémicos, por lo que la restauración ecológica juega un papel fundamental a la hora de planificar el territorio ante escenarios futuros de sequía e inundaciones. A fin de que la restauración ecológica sea exitosa es necesario que se disponga de material vegetal de especies nativas, se ejecuten esquemas de seguimiento, mantenimiento y monitoreo mínimo de cinco años, que involucren a las comunidades locales, para que se asegure la legitimidad, sostenibilidad y se aseguren los recursos necesarios.

Fortalecimiento de la vigilancia y control

La protección, conservación y manejo de las fuentes naturales de agua y los componentes del socioecosistema son elementos clave para la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos. Bajo esta premisa, es necesario que se

establezcan esquemas de monitoreo que permitan tener información constante y periódica de atributos clave de la ecohidrología y el socioecosistema, con la participación de entidades de carácter científico, institucional, comunitario y, por consiguiente, la disponibilidad de los recursos con este propósito.

Coherencia en lo local, regional y nacional

La gestión y decisiones vinculadas al agua y los ecosistemas deben estar alineadas entre los niveles local, regional y nacional. Pensemos en un gran río como el Magdalena. Imaginemos que una parte pequeña del río pasa por el territorio de nuestra comunidad. Ahora supongamos que nuestra comunidad realiza un manejo adecuado del agua y los ecosistemas de la franja del río que cruza el territorio, para que se conserve y siga prestando sus servicios ecosistémicos. Pero, al mismo tiempo, otra comunidad, aguas arriba o aguas abajo, no brinda un buen manejo del río y en el departamento se toman decisiones que afectan la salud del ecosistema del río. En este escenario, en el mismo río se estarían tomando decisiones diferentes que no muestran una alineación. Es muy importante que las acciones locales, regionales y nacionales se enfoquen

en objetivos que apunten hacia el mismo destino, que en el caso, de los socioecosistemas del río, debería ser el mantenimiento y mejoramiento de la salud de los ecosistemas, para no perder esfuerzos ni dinero.



Referencias bibliográficas

Tu cartilla está basada en las siguientes fuentes de información o textos:



Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). (13 de 08 de 2020). *¿Qué es un ecosistema?* Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees>

Contreras-Almazo, I., Cantillo-González, O., Coronel-Ortiz, I., González-Rentería, M., & Pacheco-Peñaranda, E. (2019). Aspectos biológicos y reproductivos en hembras *Prochilodus magdalena* (Steindachner, 1879) Ciénagas del Departamento del Cesar, Colombia. *AquaTIC*, 54, 1-14.

De Miguel, A., Lado, J., Martínez, V., Leal, M., & García, R. (2009). El ciclo hidrológico: experiencias prácticas para su comprensión. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 78-85.

Fex-Wolf, D., López-Casas, S., & Jiménez-Segura, L. (2019). Efectos de la generación de energía hidroeléctrica en la reproducción de *Prochilodus magdalena* (Prochilodontidae): evidencia de la respuesta endocrina. *Revista MVZ Córdoba*, 7180-7187.

Hernandez C., B., & Ariza A., M. (2021). *Capacitación transferencia de conocimientos y resultados*. Bogotá D.C.: Proyecto GEF Magdalena Cauca Vive.

Hernandez Castillo, B., & Díaz Barrios, M. (2021). *Información de los modelos trabajados en la cuenca río Cesar – complejo cenagoso ciénaga de Zapatosa*. Bogotá D.C.: Proyecto GEF Magdalena Cauca Vive.

Hernández Castillo, B., & Machado H., J. (2021). *Aportes a la gestión de ecosistemas dulceacuícolas en la planificación ambiental y territorial por medio del modelamiento ecohidrológico*. Bogotá D.C.: Proyecto GEF Magdalena Cauca Vive.

Hernández, B., Obregon, N., Reyes, C., Gutierrez, A., Poloche, J., Porto, L., . . . Diaz, M. (2021). *Análisis integral de resultados muestreo PMEH sitio demostrativo de ecohidrología complejo cenagoso ciénaga Zapatosa*. Bogotá D.C.: Proyecto GEF Magdalena Cauca Vive.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam. (2022). *Aguas superficiales*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/aguas-superficiales>

Jaramillo, Ú., Cortés-Duque, J., & Flórez, C. (2015). *Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Martín-López, B., Gomez-Baggethun, E., & Montes, C. (2009). Un marco conceptual para la gestión de las interacciones naturaleza-sociedad en un mundo cambiante. *CUIDES: Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible*, 229-258.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *¿Qué es el cambio climático?* Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/que-es-el-cambio-climatico/>

Obregon N., N., & Hernández C., B. (2018). *Elementos conceptuales y desarrollo metodológico modelamiento; componente 2 “Gestión salud de los ecosistemas”*. Bogotá D.C.: Proyecto GEF Magdalena Cauca Vive.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO. (2018). *Ecohidrología, una ciencia integral desde escala molecular hasta escala de cuencas. Evolución histórica, avances y actividades de implementación*. Programa hidrológico internacional. División de ciencias del agua.

Presidencia de la República de Colombia. (6 de Agosto de 2002). Decreto 1729 de 2002.

Skov, H. (2015). UN Convention on Wetlands (Ramsar): Implications for Human Health. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*.

Tercera comunicación nacional de cambio climático. Ideam, PNUD, MADS, DNP, Cancillería. (2016). *Conocer: El primer paso para adaptarse. Guía básica de conceptos sobre el cambio climático*.

Usma, J., Villa-Navarro, F., Lasso, C., Castro, F., Zúñiga-Upegui, P., Cipamocha, C., Suárez, J. (2013). Peces dulceacuícolas migratorios de Colombia. En L. Zapata, & S. Usma, *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Volumen 2 Peces* (págs. 215-441). 2013: Minambiente / WWF-Colombia.

WWF. (6 de Marzo de 2018). *Glosario ambiental: Servicios ecosis... ¿qué?* Obtenido de <https://www.wwf.org.co/?324210/Glosario-ambiental-Servicios-ecosis-que>

Magdalena Cauca

