



**SEGURIDAD HÍDRICA
Y CAMBIO CLIMÁTICO**
EN LA REGIÓN DE
AMÉRICA CENTRAL Y EL CARIBE

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA SEGURIDAD HÍDRICA

en la cuenca del Río Yaque del Sur
de República Dominicana



CATHALAC
Centro del Agua del Trópico Húmedo
para América Latina y el Caribe

Publicado por el [Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe \(CATHALAC\)](#) y el [Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo \(IDRC\)](#).

Este trabajo se llevó a cabo con la ayuda de una subvención del [Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo \(IDRC, Canadá\)](#). Proyecto IDRC - CATHALAC, No. 107084-001.

Las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista del [IDRC](#) ni de su Consejo de Gobernadores.

Esta publicación puede ser reproducida en su totalidad o en parte y en cualquier forma para fines educativos o sin fines de lucro sin permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se cite la fuente.

[CATHALAC](#) agradecería recibir una copia de cualquier publicación que utilice esta publicación como fuente. Ningún uso de esta publicación puede ser para su venta o para cualquier otro propósito comercial.



Entre el 2012 y el 2015, gracias al financiamiento del [Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo \(IDRC, Canadá\)](#), [CATHALAC](#) impulsó una investigación sobre Seguridad Hídrica y Cambio Climático a nivel regional, focalizando la atención en las condiciones político-institucionales de la [gestión del agua](#) en [República Dominicana](#) y [Guatemala](#). En ambos países se trabajó de la mano de los [Ministerios de Ambiente](#) y dos Universidades nacionales, el [Instituto Tecnológico de Santo Domingo \(INTEC\)](#) y la [Universidad de San Carlos de Guatemala](#), respectivamente. En conjunto con las instituciones aliadas nacionales se determinaron las áreas de atención.

En el país caribeño se estudió la vulnerabilidad ligada al cambio climático en la [cuenca del río Yaque del Sur](#), así como la gestión local del agua en los municipios de [Guayabal](#) y [Tamayo](#). En los municipios seleccionados los responsables de la planificación municipal, en conjunto con los investigadores del proyecto, construyeron [Planes Municipales de Adaptación de la Gestión de los Recursos Hídricos, ante el Cambio Climático](#).

Seguridad Hídrica

La Seguridad hídrica es la “capacidad de la población para salvaguardar el acceso sostenible de agua en cantidad y de calidad adecuada para los medios de vida, el bienestar humano ¹ y el desarrollo socio-económico, garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua y conservar los ecosistemas, en un clima de paz y estabilidad política”².

El concepto de Seguridad Hídrica resume el nivel de éxito que una determinada población tiene en la gestión del agua, incluye:

- ▶ Acceso a agua potable
- ▶ Colección y tratamiento de aguas residuales
- ▶ Protección de medios de vida, derechos humanos y valores culturales
- ▶ Conservación de cuencas
- ▶ Desarrollo socio-económico

¹ El bienestar humano tiene múltiples aspectos, incluyendo lo básico para una buena vida, la libertad de elección y acción, salud, buenas relaciones sociales, y de seguridad (MA, 2003 en UN-Water, 2013).

² UN-Water. United Nations University. Institute for Water, Environment and Health. 2013. Water Security and the Global Water Agenda. United Nations University. Ontario, Canada. 37 p.



CUENCA YAQUE DEL SUR

La Cuenca del Río Yaque del Sur, al suroeste del país, tiene una superficie de 5,061 Km², nace desde la vertiente sur de la cordillera central a una altura de 2,707 msnm y desemboca en la Bahía de Neiba. Es la cuenca con el mayor potencial hídrico de la República Dominicana y es aprovechado y regulado mediante infraestructura de uso múltiple, especialmente para riego agrícola. En esta

cuenca se ubica el Valle de San Juan, también conocido como el granero de San Juan, aquí se produce buena parte de los alimentos que consumen los dominicanos. En relación a la infraestructura se destacan las presas de Sabaneta y Sabana Yegua, con una capacidad de producción energética conjunta de 19.4 MW, más abajo se construye la represa Monte Grande, también de uso múltiple, con una capacidad de generación de 7.83 MW.

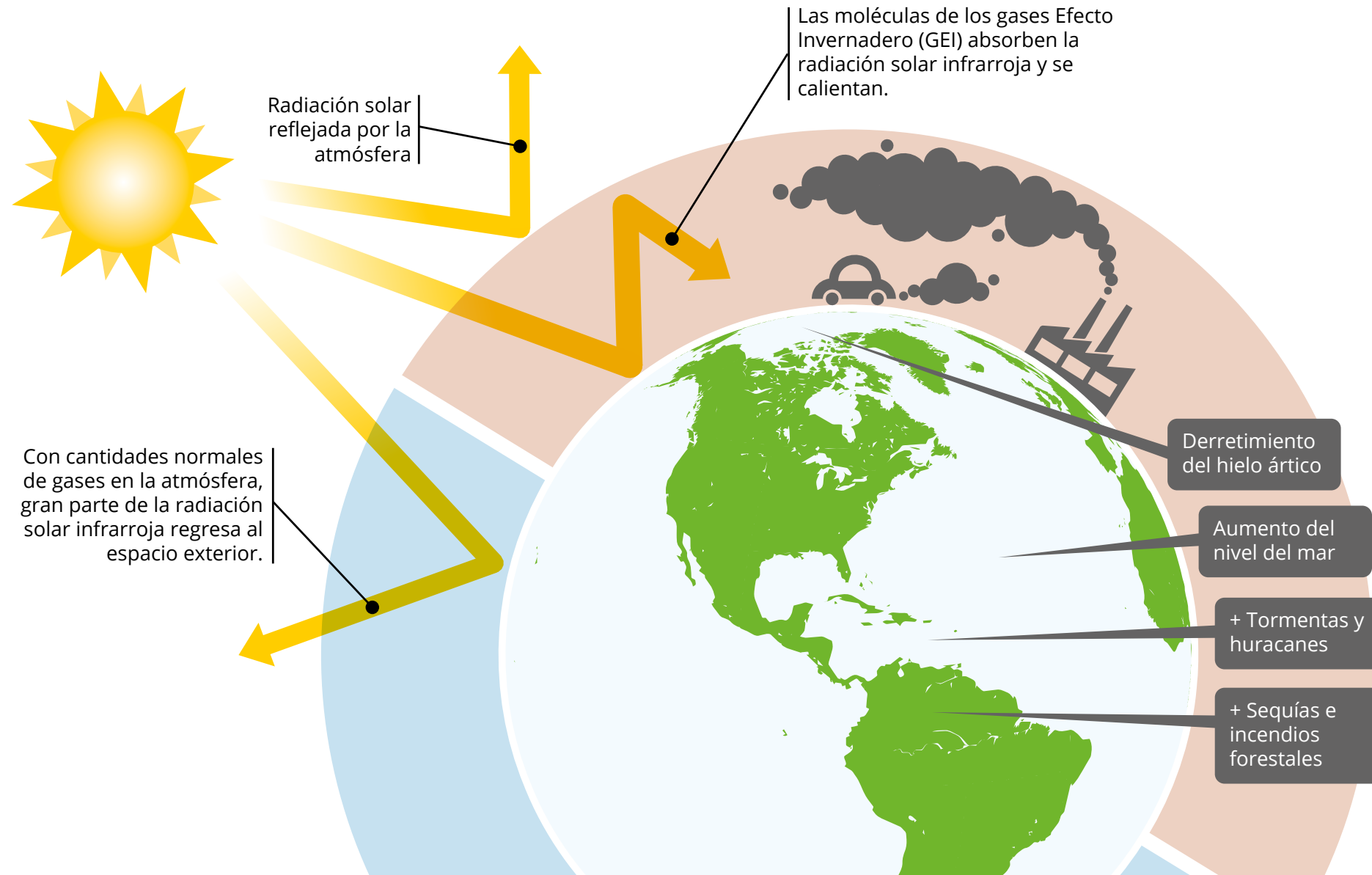
Yaque del Sur es la cuenca más expuesta a la influencia de los ciclones tropicales los cuales producen grandes crecidas e inundaciones. El territorio de la cuenca comprende 21 municipios y habitan alrededor de 395,000 personas en cuya memoria permanecen dramáticos recuerdos causados por fenómenos como el huracán Georges en 1998 o la tormenta Noel a finales de 2007.

En esta investigación se evaluó la vulnerabilidad actual al cambio climático de la seguridad hídrica en la cuenca Yaque del Sur desde las condiciones de dos municipios priorizados, Guayabal en la parte alta y Tamayo en la parte baja de la cuenca.

¿Qué es el Cambio Climático?

El cambio climático se refiere a un **cambio en el clima** que persiste durante un **período prolongado**, típicamente décadas o más. El **cambio climático** puede deberse a procesos naturales (por ejemplo erupciones volcánicas) o procesos impulsados por las personas (por ejemplo, los gases emitidos en las quemas o en el funcionamiento de motores). Puesto que la **actividad humana** en los últimos años ha emitido enormes cantidades de gases llamados **Gases Efecto Invernadero o GEI** (porque funcionan como una capa sobre la tierra similar a una cubierta en un invernadero, dejando pasar los rayos del sol, pero almacenando el calor), el **proceso de cambio climático se ha venido acelerando** en el planeta, modificando muchos patrones.

Uno de los efectos directos del Cambio Climático se da en torno al **ciclo hidrológico**, es decir sobre la **disponibilidad del agua**, lo que significa mucho en términos de **desarrollo humano, reducción de la pobreza, seguridad alimentaria, seguridad energética**, etc. De ahí la necesidad de analizar **cómo el Cambio Climático afectará la Seguridad Hídrica**, puesto que en este concepto se resume el uso que le da la sociedad a este preciado recurso.



¿Cómo va a afectar el Cambio Climático la disponibilidad de agua?

Para contestar esta pregunta se investigó **cómo será el clima en el futuro**. Diferentes instituciones en el mundo han modelado el clima del planeta y para diferentes niveles de emisión de **Gases Efecto Invernadero**. CATHALAC seleccionó dos de estos modelos, el **modelo noruego NorESM1-M** y el **modelo japonés MIROC5**, ambos para un nivel de emisiones **bajo (2.6 W/m²)** y **alto (8.5 W/m²)** al año 2050. Los valores de temperatura y precipitación anual de ambos modelos y sus escenarios de emisión, se utilizaron para evaluar los **cambios en el ciclo hidrológico** de la cuenca **Yaque del Sur**, usando el programa **SWAT (Herramienta para la Evaluación del Suelo y Agua**, por sus siglas en Inglés).

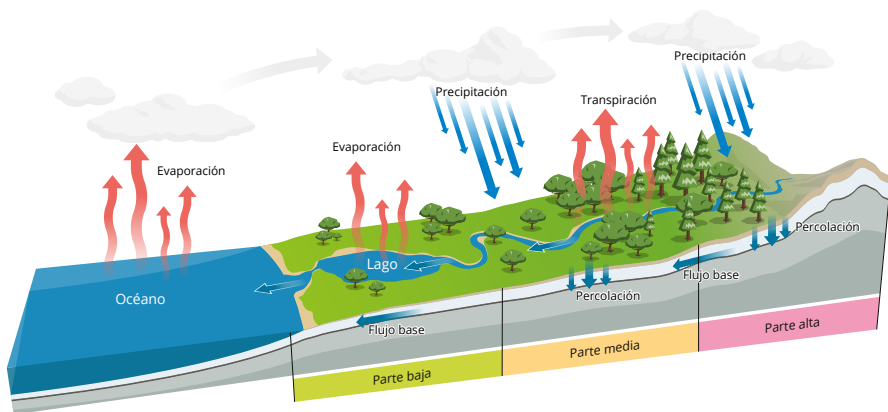
¿Qué es el ciclo hidrológico y cómo funciona una cuenca?

El **Ciclo hidrológico** describe el movimiento del agua en el planeta, su movimiento puede ser en **estado líquido, sólido y gaseoso** y cubre varias etapas: la **precipitación**, que en nuestro país se refiere principalmente a la lluvia, en otros países incluye nieve y grano; la **infiltración** que es el agua que penetra al suelo; la **escorrentía** que forma los ríos; y la **evaporación** que se da desde las superficies (el suelo desnudo, suelo con vegetación, espejos de agua, etc.) a la atmósfera para formar nuevamente nubes. Este proceso se completa en un espacio terrestre llamado **cuenca hidrológica** que funciona como un “**gran plato hondo**” en donde podemos contabilizar cuánta agua hay en cada componente del ciclo.

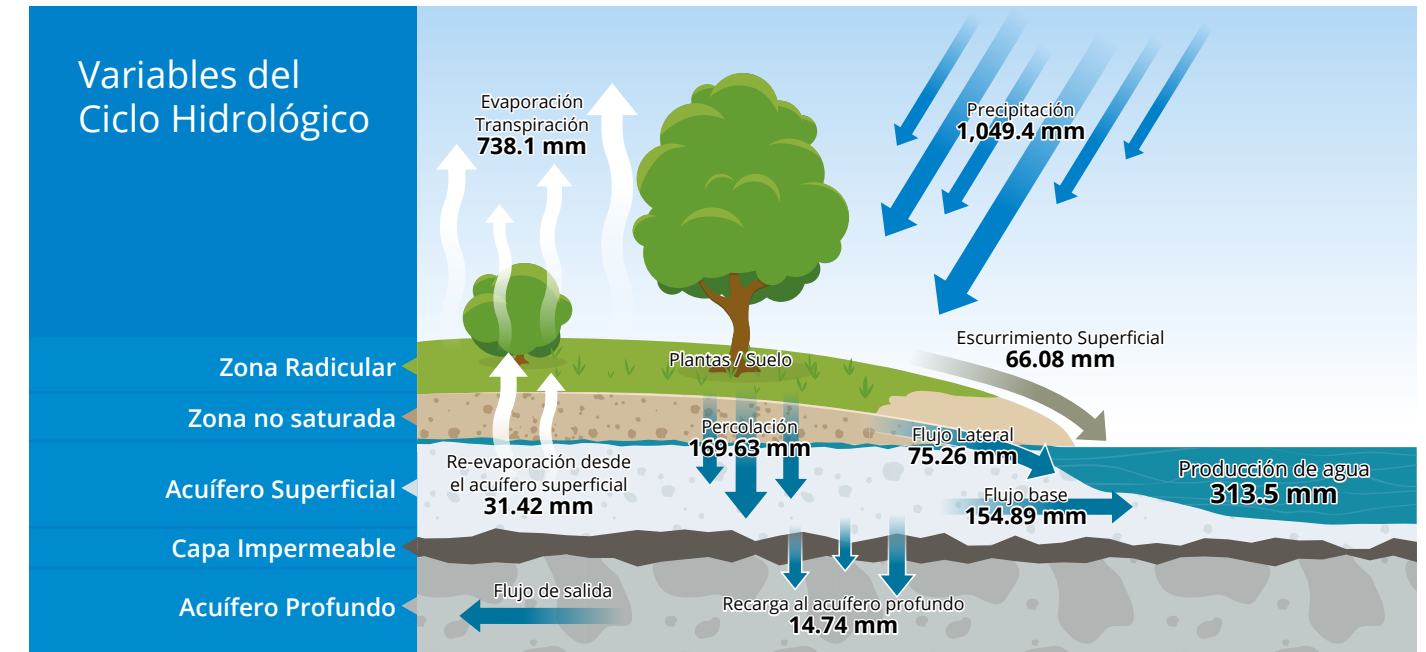
En este **ciclo**, el **suelo** y la **vegetación** son **piezas clave**, pues así como el agua se acumula en los lagos o las presas, también se almacena en el subsuelo, en los llamados acuíferos. La capacidad de los **acuíferos para almacenar agua** depende en primer lugar de su **habilidad para infiltrarla**, que a su vez depende del **tipo de superficie**; por ejemplo, en un **suelo sin vegetación** el agua **difícilmente penetrará capas profundas para almacenarse** y en una tormenta, el agua se escurrirá rápidamente sin dar oportunidad a infiltrarse y posiblemente ocasione algún **desastre por inundación**. Por ello es importante cuidar los **bosques**, pues de lo contrario, tendremos problemas para almacenar el agua tanto en los ríos, como en el

subsuelo, principales tomas de los sistemas que transportan el agua hasta nuestras casas.

En la figura **Variables del ciclo hidrológico en la cuenca del río Yaque del Sur** se pueden observar los diferentes componentes del ciclo hidrológico y los volúmenes de agua en milímetros que se han calculado para cada una en la cuenca Yaque del Sur. En el cuadro posterior se presentan los promedios mensuales de estas variables a lo largo del año. Se observa que la precipitación promedio en la cuenca es de 1,049 mm, de esta cantidad de lluvia se evapotranspira el 70%, una parte del sobrante se escurrir por el suelo, otra corre en la capa superficial del suelo como flujo lateral y otra percola. Luego de la cantidad de agua que percola, una vuelve a evaporarse desde el suelo, otra fluye de manera horizontal y solo un pequeño 1% se infiltra para recargar los acuíferos profundos. La cantidad de agua que se contabiliza como **Producción de Agua** es la suma del Escurrimiento Superficial, el Flujo Lateral y el Flujo Base.



VARIABLES DEL CICLO HIDROLÓGICO EN LA CUENCA DEL RÍO YAQUE DEL SUR



Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación (mm)	23.07	24.88	52.95	95.31	149.33	100.94	94.31	119.54	162.93	114.24	79.18	32.73	1049.41
Escorrentía Superficial (mm)	0.18	0.39	1.55	7.40	15.98	2.67	2.49	2.72	17.66	4.91	9.34	0.80	66.08
Flujo Lateral (mm)	3.57	2.40	2.74	3.96	7.08	7.35	6.63	7.22	9.98	10.14	8.39	5.81	75.26
Percolación (mm)	2.30	3.08	5.51	8.85	19.28	14.00	11.17	16.79	35.72	25.57	20.18	7.19	169.63
Flujo Subterráneo/ Flujo Base (mm)	14.08	12.02	12.45	11.55	11.98	12.01	12.28	12.19	12.67	14.35	14.50	14.80	154.89
Recarga al Acuífero Profundo	-11.78	-8.94	-6.94	-2.71	7.30	1.99	-1.11	4.60	23.06	11.21	5.68	-7.61	14.74
Evapotranspiración (mm)	22.70	24.32	64.36	89.57	88.87	75.79	69.84	74.47	77.92	69.97	50.10	32.38	738.1
Producción de Agua (mm)	19.39	16.21	18.26	24.33	36.48	23.40	22.80	23.52	41.65	30.83	33.67	22.94	313.49

VULNERABILIDAD ACTUAL

El IPCC ³ define la vulnerabilidad al cambio climático como “el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del cambio climático, incluidas la variabilidad y los extremos del clima”. En la cuenca Yaque del Sur se valoró la vulnerabilidad ACTUAL a través de tres elementos: **Exposición**, que es el tipo de impacto al que la cuenca está expuesta y el grado o la intensidad de dicho impacto; **Sensibilidad**, nivel en el que la cuenca resulta afectada por el clima; y la **Capacidad de adaptación**, que se refiere a la habilidad de la cuenca para ajustarse al cambio, moderar posibles daños, aprovecharse de oportunidades o enfrentarse a las consecuencias. Los factores de vulnerabilidad se determinaron mediante los indicadores que aparecen en la siguiente figura y se calificaron en un rango de 1 a 3. Donde 1 (bajo) es mejor que 3 (alto) en los indicadores de Exposición y Sensibilidad; mientras que 3 (alto) es mejor que 1 (bajo) para la Capacidad de Adaptación.

³ Panel Intergubernamental de Cambio Climático, cuerpo técnico asesor de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.



INDICADORES PARA EVALUAR LAS VARIABLES DE VULNERABILIDAD EN LA CUENCA YAQUE DEL SUR

EXPOSICIÓN	SENSIBILIDAD	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN
Fenómenos asociados al cambio climático	¿Qué elementos de la Seguridad Hídrica se verán más afectados por los impactos del Cambio Climático (sequías, inundaciones, vendavales y deslizamientos) en los municipios de la cuenca del río Yaque del Sur?	¿Cómo puede ajustarse, mantenerse o aumentar la Seguridad Hídrica frente al cambio climático en los municipios de la cuenca del río Yaque del Sur?
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Inundaciones ▶ Sequías ▶ Vendavales ▶ Deslizamientos 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Caudal de agua disponible ▶ Calidad del agua en las fuentes ▶ Ecosistema acuático ▶ Servicios de agua potable ▶ Viviendas (Material de construcción) ▶ Vías de acceso (Permanencia) ▶ Acceso al servicio eléctrico ▶ Actividades económicas dependientes de los recursos naturales ▶ Seguridad alimentaria: Producción local de alimentos ▶ Analfabetismo ▶ Enfermedades: Incidencia de paratuberculosis y diarreas ▶ Enfermedades: Incidencia de dengue y malaria ▶ Seguridad alimentaria: Incidencia de desnutrición, anemia, bajo peso al nacer o retardo en talla de menores de 5 años ▶ Densidad de población ▶ Migración ocasionada por riesgo hidrometeorológico ▶ Conflictos relacionados con el agua 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Cobertura boscosa ▶ Planes de manejo territorial / ordenanzas de manejo de cuenca ▶ Gestión de riesgos ▶ Infraestructura hídrica ▶ Tecnologías aplicadas al manejo del agua ▶ Densidad de caminos, vías alternas de comunicación ▶ Matriz energética ▶ Centros de atención médica ▶ Diversificación productiva ▶ Riqueza del país ▶ Acceso a créditos, apoyos y subsidios ▶ Máximo grado educativo localmente ▶ Nivel organizativo ▶ Gestión de residuos y producción más limpia ▶ Penetración de medios de comunicación ▶ Presencia y desarrollo de instituciones del Estado ▶ Capacidades municipales para la gestión del agua y sostenibilidad de los sistemas de gestión del agua

Exposición

El Municipio de Guayabal pertenece a la provincia de Azua. Tiene 235.6 km² y según el último censo del 2010, este municipio tiene una población total de 5,263 personas.

Como se observa en el mapa de Exposición a inundación, el municipio de Guayabal se encuentra en una zona muy empinada, por ello aparece en un

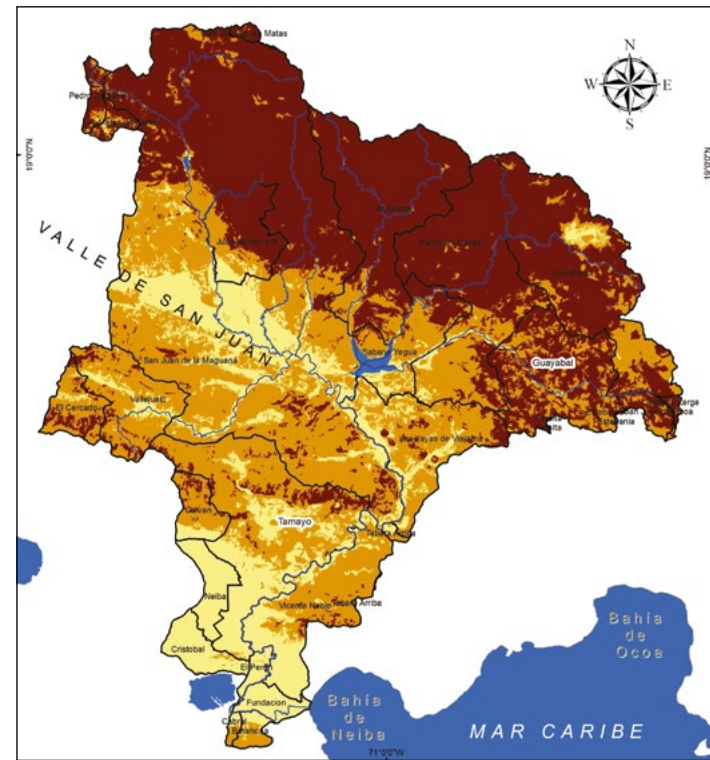
rango bajo; sin embargo, la historia da muestras de su susceptibilidad a ser inundado por el Río Las Cuevas. En cuanto a deslizamientos, por lo escarpado del terreno, el municipio es altamente vulnerable. Respecto a vendavales, los análisis reflejaron que el 98% de su superficie está expuesto en niveles medio a alto; finalmente, el nivel de exposición a sequías es de medio a bajo dentro del territorio. En resumen, el

municipio de Guayabal cuenta con un nivel de exposición medio (2.0) a las amenazas climáticas analizadas.

El Municipio de Tamayo pertenece a la provincia de Bahoruco; en sus 434.3 km² habitan 26,772 personas, de las cuales, el 74 % viven en el área urbana.

El municipio de Tamayo es afectado por inundaciones constantes del el Río Yaque del Sur; también está muy expuesto a sequías y a los efectos de vendavales, por estar en terrenos más planos, no está tan expuesto a deslizamientos. El municipio tiene un índice de Exposición medio de 2.2.

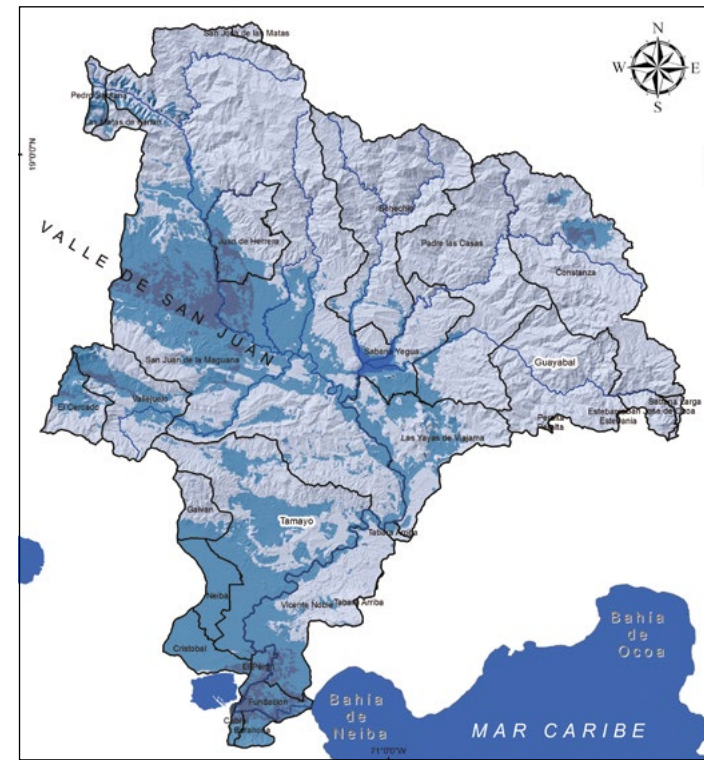
A Deslizamientos



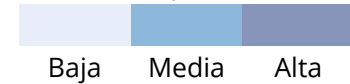
Grado de exposición



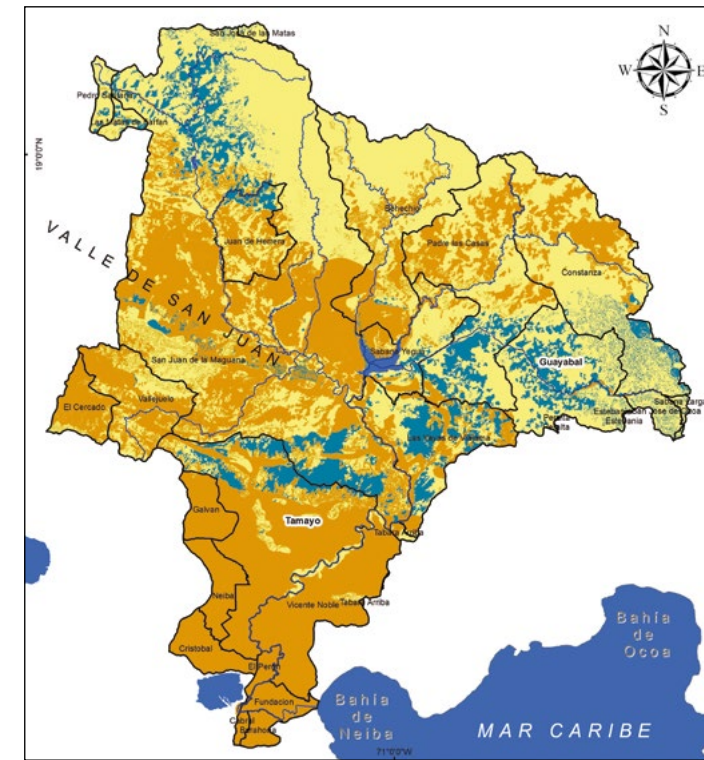
A Inundaciones



Grado de exposición



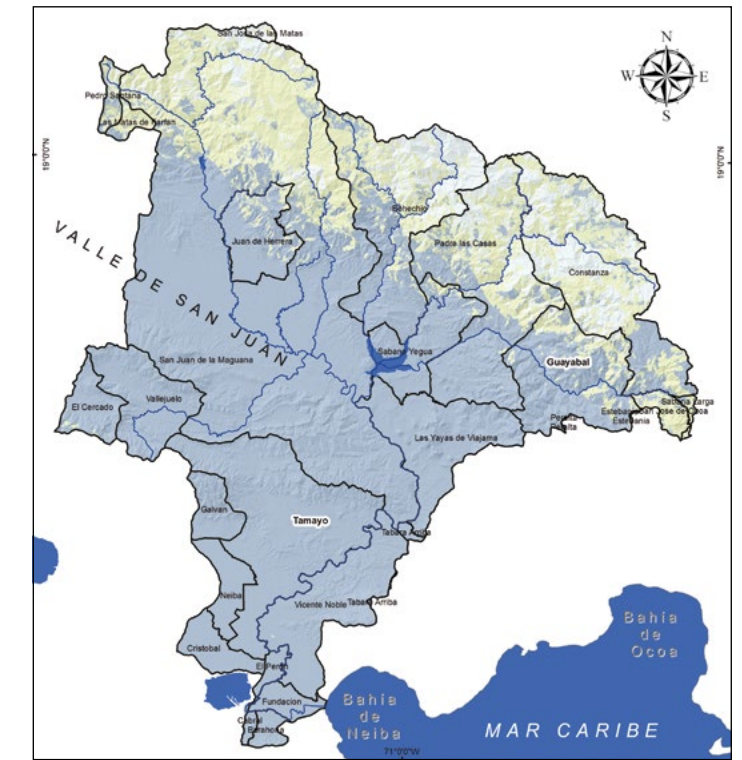
A Sequías



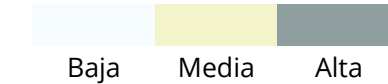
Grado de exposición



A Vendavales



Grado de exposición



Sensibilidad y Capacidad de adaptación

Los índices de Sensibilidad y Capacidad de adaptación se obtuvieron mediante indicadores de tipo socioeconómico, cuya evaluación se realizó mediante 396 entrevistas semiestructuradas realizadas por un equipo de investigación del Instituto Tecnológico de Santo

Domingo (Contreras et al, 2015 ⁴), información secundaria y censos. Los indicadores se agregaron por tipo de capitales siguiendo la metodología de DFID (1999 ⁵):

► **Recursos naturales:** La existencia de recursos naturales de los que dependen las personas, tanto de manera directa (i.e. para ingresos o medicinas) como de manera indirecta (i.e. control de inundaciones, protección frente a tormentas).

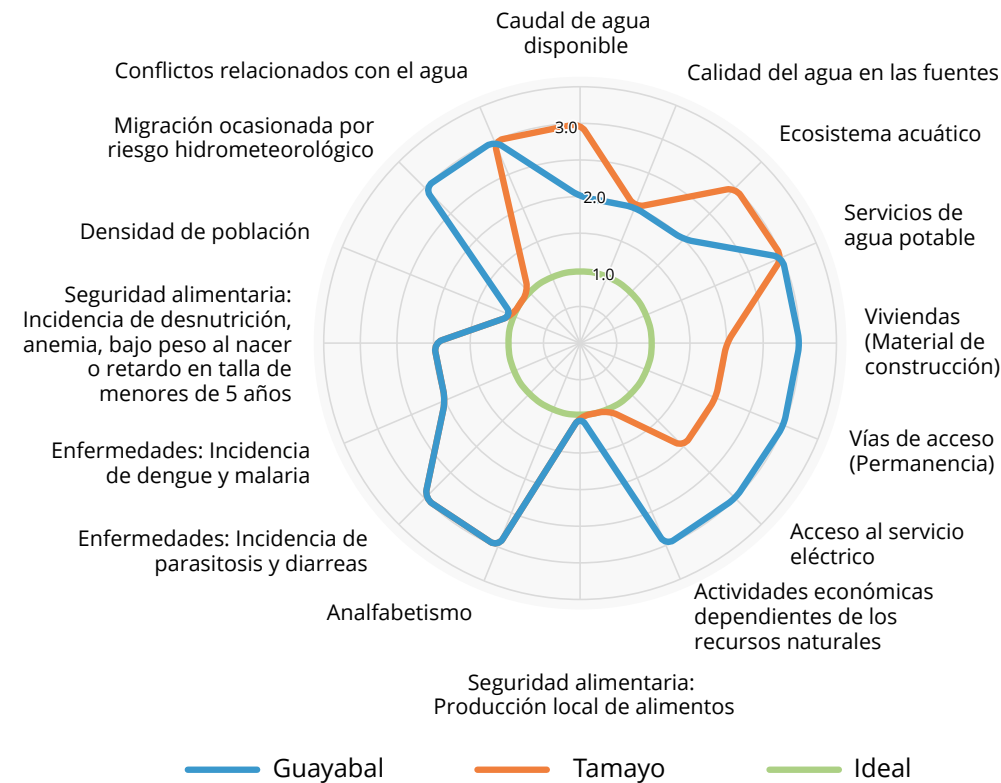
► **Recursos físicos:** La estructura básica y el capital productivo para transporte, edificios, gestión hídrica, energía y comunicaciones.

► **Recursos financieros:** La existencia y flujos de dinero que permiten que las personas logren sus objetivos en cuanto a medios de vida.

► **Recursos humanos:** Las destrezas, conocimientos, capacidad y buena salud, importantes para la consecución de los medios de vida.

► **Recursos sociales:** Las relaciones e instituciones sociales formales e informales de las que las personas dependen para la consecución de los medios de vida.

SENSIBILIDAD



La Sensibilidad en Guayabal es ligeramente mayor que en Tamayo. Guayabal es mayormente sensible en sus recursos físicos (servicios e infraestructura) y humanos (analfabetismo y enfermedades). Mientras que las mayores debilidades de Tamayo se encuentran en el ámbito de los recursos naturales, pues reflejan la acumulación de impactos del manejo de la cuenca desde aguas arriba.

CAPACIDAD DE ADAPTACION



En cuanto a Capacidad de Adaptación, Tamayo cuenta con algunos elementos que le permitirían ajustarse mejor a los impactos del cambio climático, comparados con Guayabal, como su accesibilidad, comunicaciones, nivel organizativo y posibilidades de acceso a servicios financieros.

4 Contreras José, Ramón Villamán, Ángela Carrillo, Eva Núñez. 2015. Índices de Sensibilidad y de Adaptación al Cambio Climático en cuatro municipios de la cuenca del río Yaque del Sur en República Dominicana. Documento de trabajo. Proyecto Seguridad Hídrica de Cambio Climático en América Central y el Caribe.

5 DFID (Department for International Development UK). 1999. Hojas Orientativas sobre los Medios de Vida Sostenibles. Consultado el 15 de octubre del 2013. Disponible en: <http://community.eldis.org/.59c21877/SP-GS1.pdf> <http://community.eldis.org/.59c21877/SP-GS2.pdf>

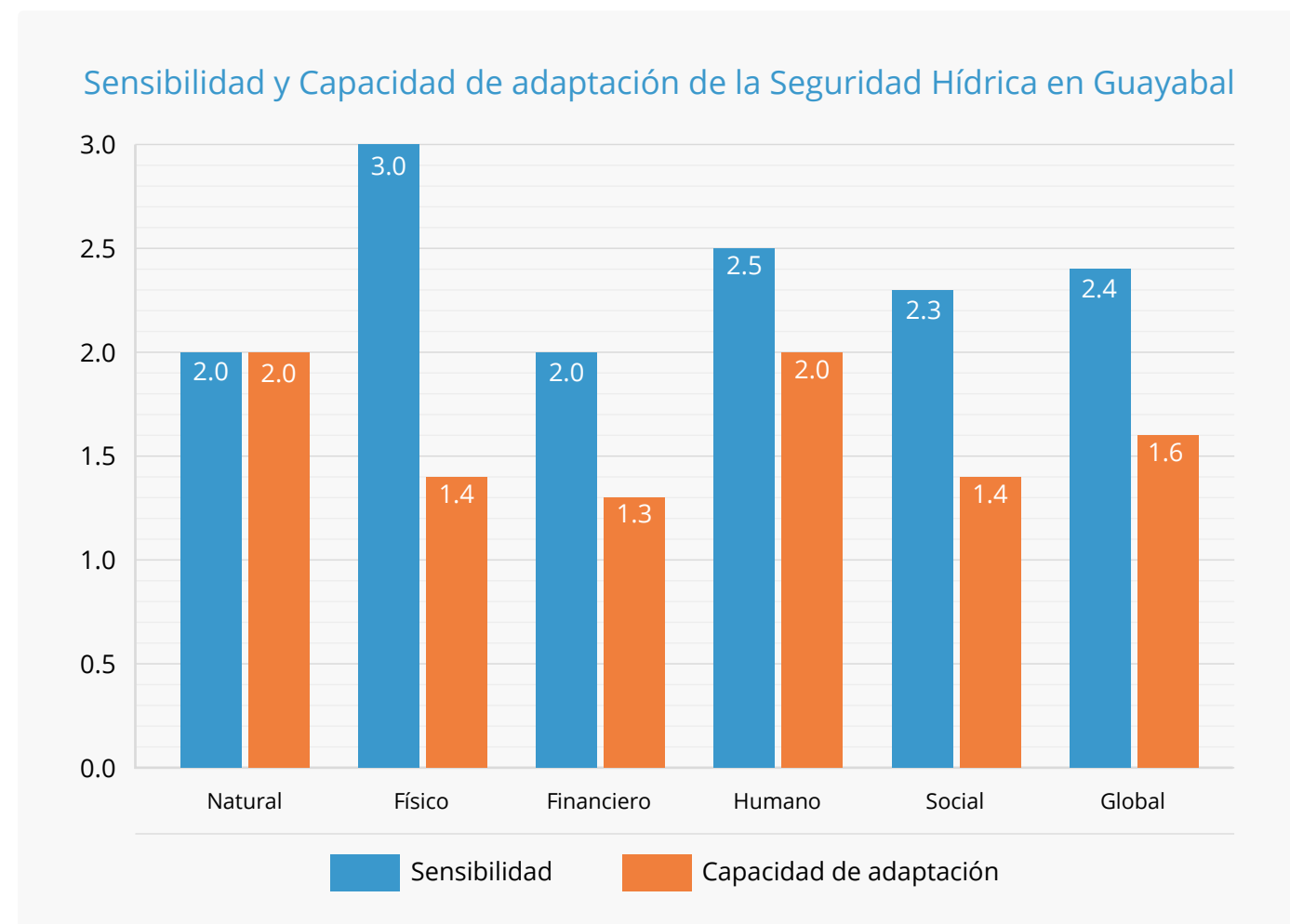
Vulnerabilidad actual de la Seguridad Hídrica en Guayabal

Guayabal presenta una vulnerabilidad alta, cuenta con un rico Capital Natural debido a la cobertura boscosa y planes de manejo elaborados; aunque se requiere fortalecer las capacidades para llevar a la práctica dichos planes. En cuanto al Capital Físico, los servicios públicos son deficientes en Guayabal, especialmente en lo que se refiere a agua potable y saneamiento; las vías de acceso son muy vulnerables, así como las viviendas y solo existe un Centro de Salud público y uno privado. Las tecnologías de producción son elementales; lo positivo es que hay

una buena experiencia de manejo de recursos hídricos en la comunidad del Recodo. Respecto al Capital Financiero, la principal actividad económica en Guayabal es la agricultura de subsistencia, es poco diversa, pero apunta a productos de auto consumo. Los productores tienen dificultades de acceder a facilidades financieras para mejorar sus sistemas. Sobre el Capital Humano, la tasa de analfabetismo es mayor al 20% y en el municipio solo se puede estudiar hasta el nivel medio. En cuanto a salud, un porcentaje considerable sufre por enfermedades relacionadas al

agua y las estadísticas nacionales sugieren que se debe mejorar la composición dietética de la población. Finalmente, en cuanto al Capital Social, las organizaciones locales pueden fortalecerse para promover mayores oportunidades para el desarrollo local; es necesario también elevar la penetración de los medios de comunicación, la presencia de las instituciones del Estado, así como impulsar las capacidades municipales para participar más activamente en la gestión de los recursos hídricos.

Exposición		Capital	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación	2.8 ALTO
Inundaciones	1.0	Natural	2.0	2.0	
Deslizamientos	2.6	Físico	3.0	1.4	
Sequía	1.7	Financiero	2.0	1.3	
Vendavales	2.8	Humano	2.5	2.0	
		Social	2.3	1.4	
Global	2.0		2.4	1.6	



Recordar que 1 (bajo) es mejor que 3 (alto) en los indicadores de Sensibilidad; mientras que 3 (alto) es mejor que 1 (bajo) para la Capacidad de Adaptación

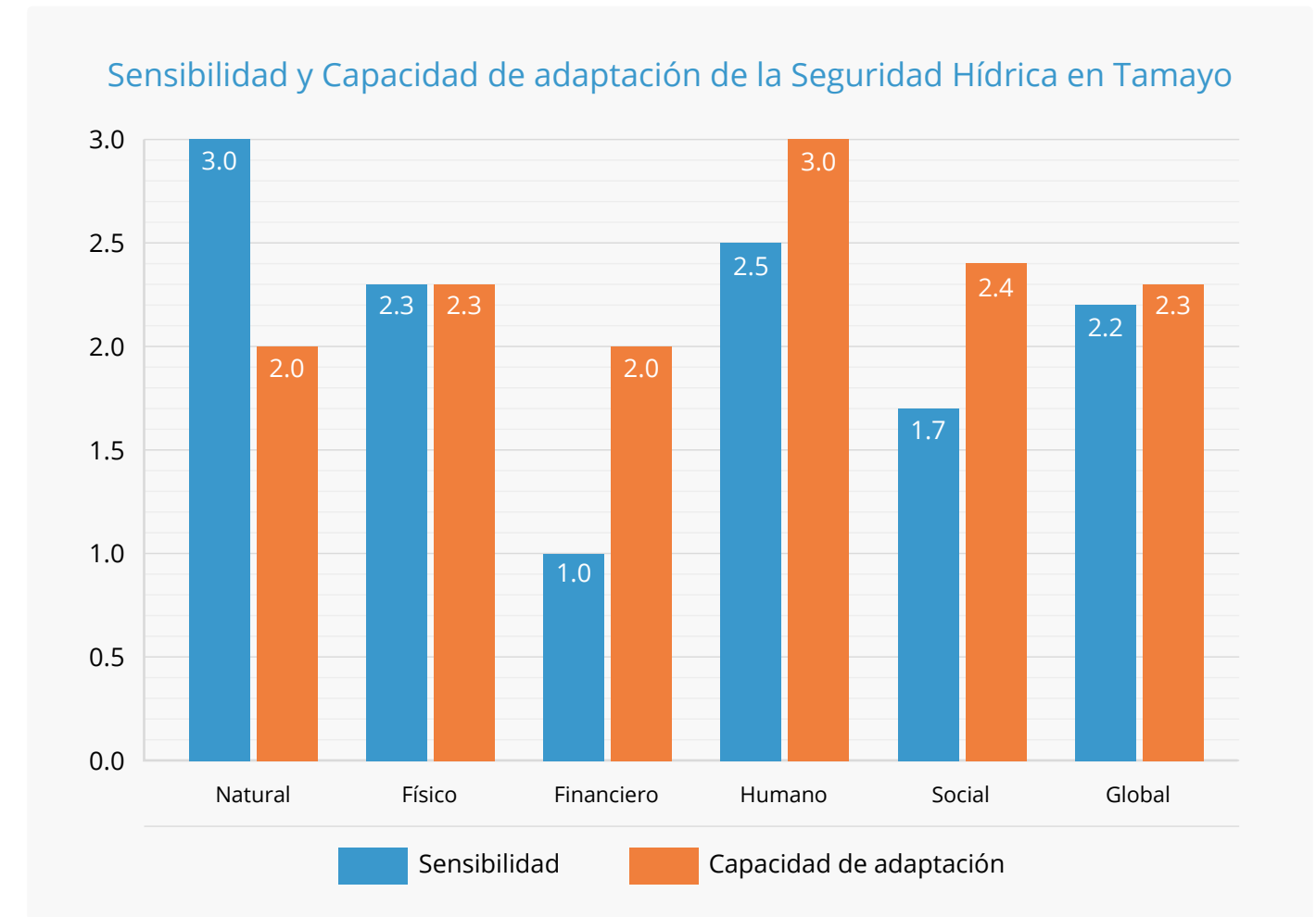
Vulnerabilidad actual de la Seguridad Hídrica en Tamayo

Tamayo resultó con un nivel de vulnerabilidad medio. En cuanto a su Capital Natural de Tamayo: por estar en la parte baja de la cuenca, Tamayo, **acumula los impactos del manejo aguas arriba** y por ello puede presentar problemas con la cantidad y calidad del agua y debido a la capacidad agrícola del suelo, se han eliminado la mayoría de sus bosques. Respecto al **Capital Físico**, Tamayo cuenta con mejor infraestructura de servicios, acceso, centros de atención médica. **Es importante señalar que**

será significativo el impacto de la Presa de Monte Grande para mitigar las inundaciones en el municipio y zonas aledañas. También importante es seguir mejorando la calidad de los servicios, especialmente **agua y saneamiento**. En cuanto al **Capital Financiero**, este municipio tiene una capacidad financiera más desarrollada. Su **Capital Humano** se fortalece por que cuenta con mayor oferta educativa, pero todavía posee alto nivel de analfabetismo. Por otra parte, las **deficiencias** en los

servicios de agua están afectando la salud de la población. En el **tema Social**, en Tamayo se observan efectos de un desarrollo inequitativo, por ejemplo en el **acaparamiento de agua para grandes productores**, con afectaciones para los productores de subsistencia y pequeños acueductos; otra muestra de inequidad se ve en la calidad de vida de los jornales agrícolas. **La injerencia del municipio en estos temas es muy limitada y escasa la participación de otras agencias.**

Exposición		Capital	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación	Índice de vulnerabilidad
Inundaciones	1.5	Natural	3.0	2.0	2.0 MEDIO
Deslizamientos	1.7	Físico	2.3	2.0	
Sequía	2.6	Financiero	1.0	2.0	
Vendavales	3.0	Humano	2.5	3.0	
		Social	1.7	2.4	
Global	2.2		2.1	2.3	



Recordar que 1 (bajo) es mejor que 3 (alto) en los indicadores de Sensibilidad; mientras que 3 (alto) es mejor que 1 (bajo) para la Capacidad de Adaptación

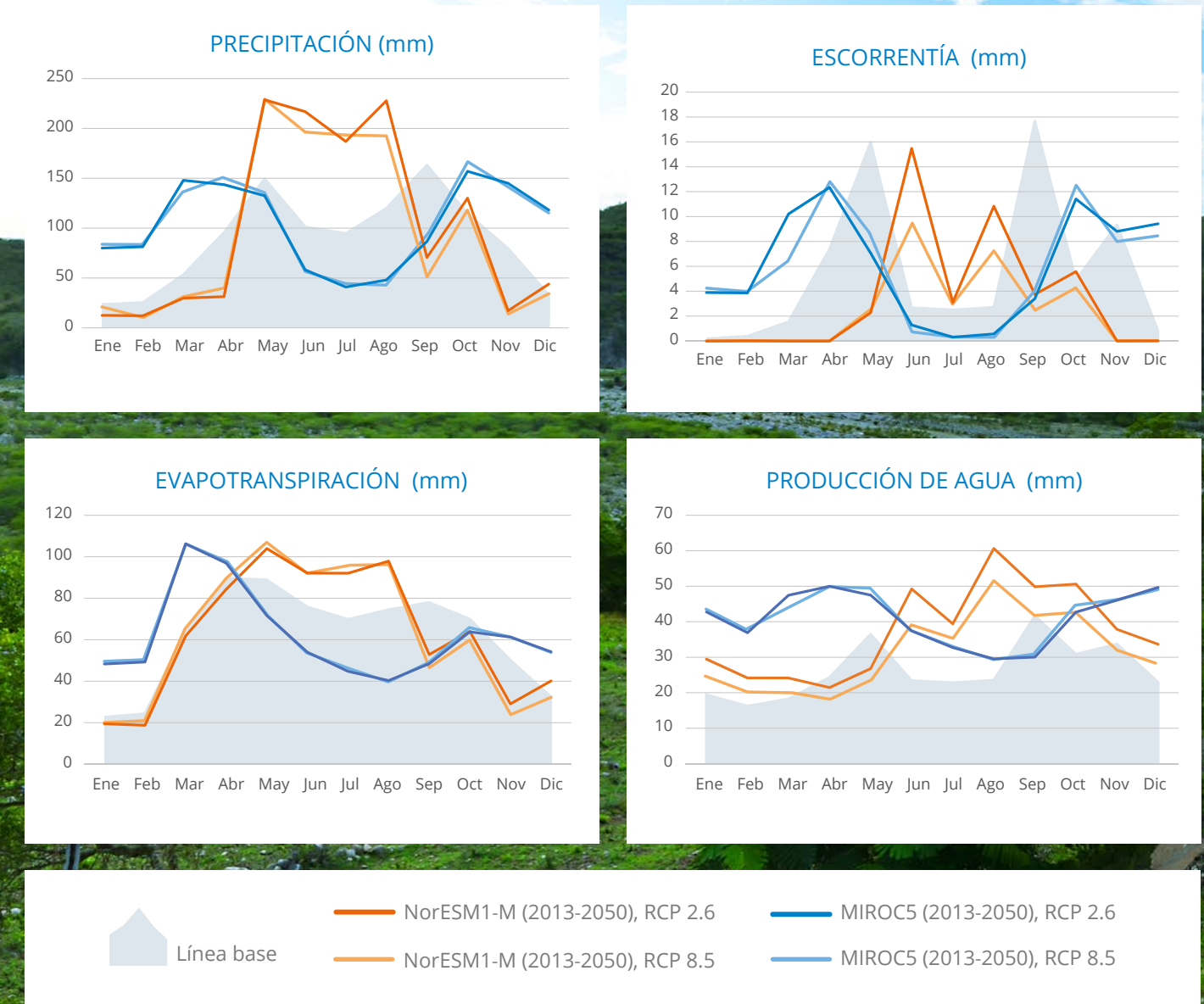
VULNERABILIDAD FUTURA

Impactos del Cambio Climático sobre el Ciclo hidrológico en la cuenca Yaque del Sur

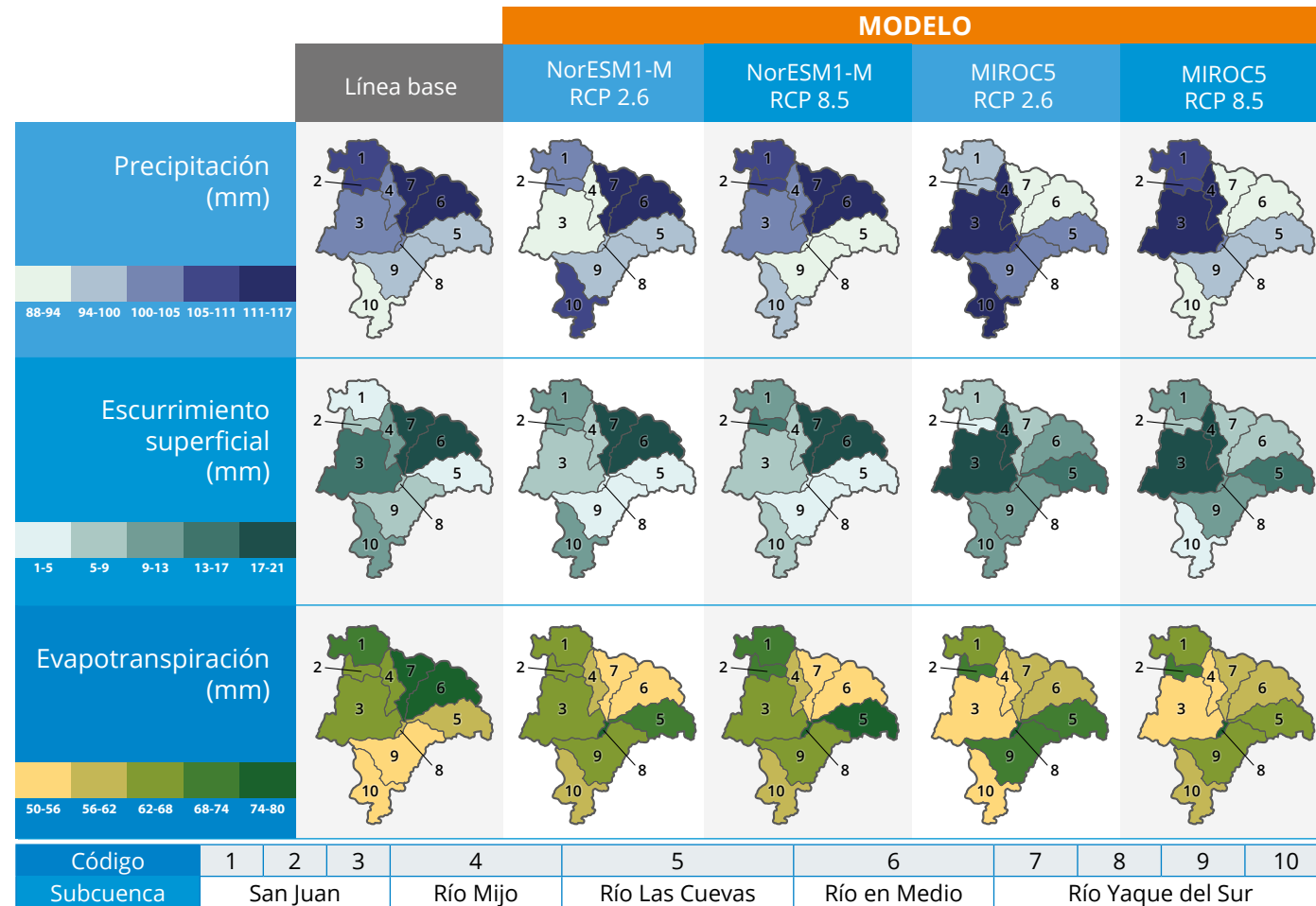
A continuación se muestran cuatro gráficas (hidrogramas) de los valores promedio mensuales en milímetros (mm) de agua en la cuenca Yaque del Sur. La sombra es la línea base actual (calculada desde el año 1983 al año 2004) y las líneas representan los valores proyectados al 2050 según dos modelos y dos escenarios de emisión de Gases Efecto Invernadero.

Se eligieron los modelos **NorESM1-M** y **MIROC5** por sus comportamientos relativamente más seco y más húmedo (respectivamente) con relación a las medias históricas en la región. Se observa en la gráfica de precipitación, que ambos modelos detectan el período de sequía intra-estival (veranillo); no obstante, el **modelo noruego** (línea naranja) indica un inicio abrupto de la estación lluviosa que finaliza en el mes de mayo (antes que en la Línea base) y un tercer pico máximo de lluvias en Octubre. Mientras que el **modelo japonés** (línea azul), reporta un inicio más temprano de lluvias y un término más tardío, pero un período de veranillo más prolongado e intenso. Ambos modelos muestran una mayor producción de agua durante los meses de Junio y Julio.

CAMBIOS MENSUALES (PROMEDIO)



Impactos del Cambio climático por subcuenca

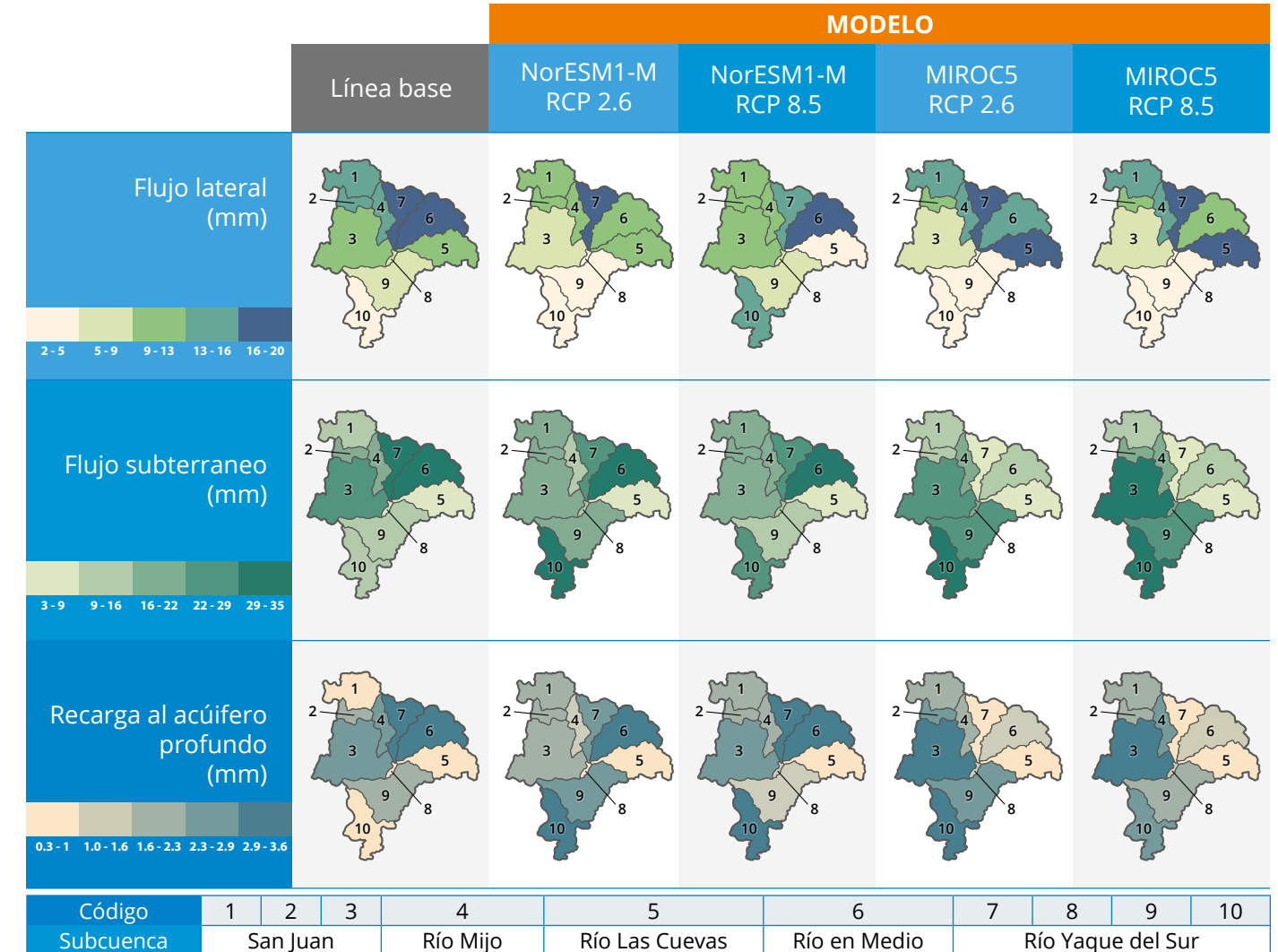


En la subcuenca del Río Las Cuevas (número 5) que es en donde se ubica el **Municipio de Guayabal**, se observan **mayores cambios** bajo el modelo japonés (MIROC5), especialmente **mayor escorrentía de agua**, **mayores caudales** y por ende mayores con-

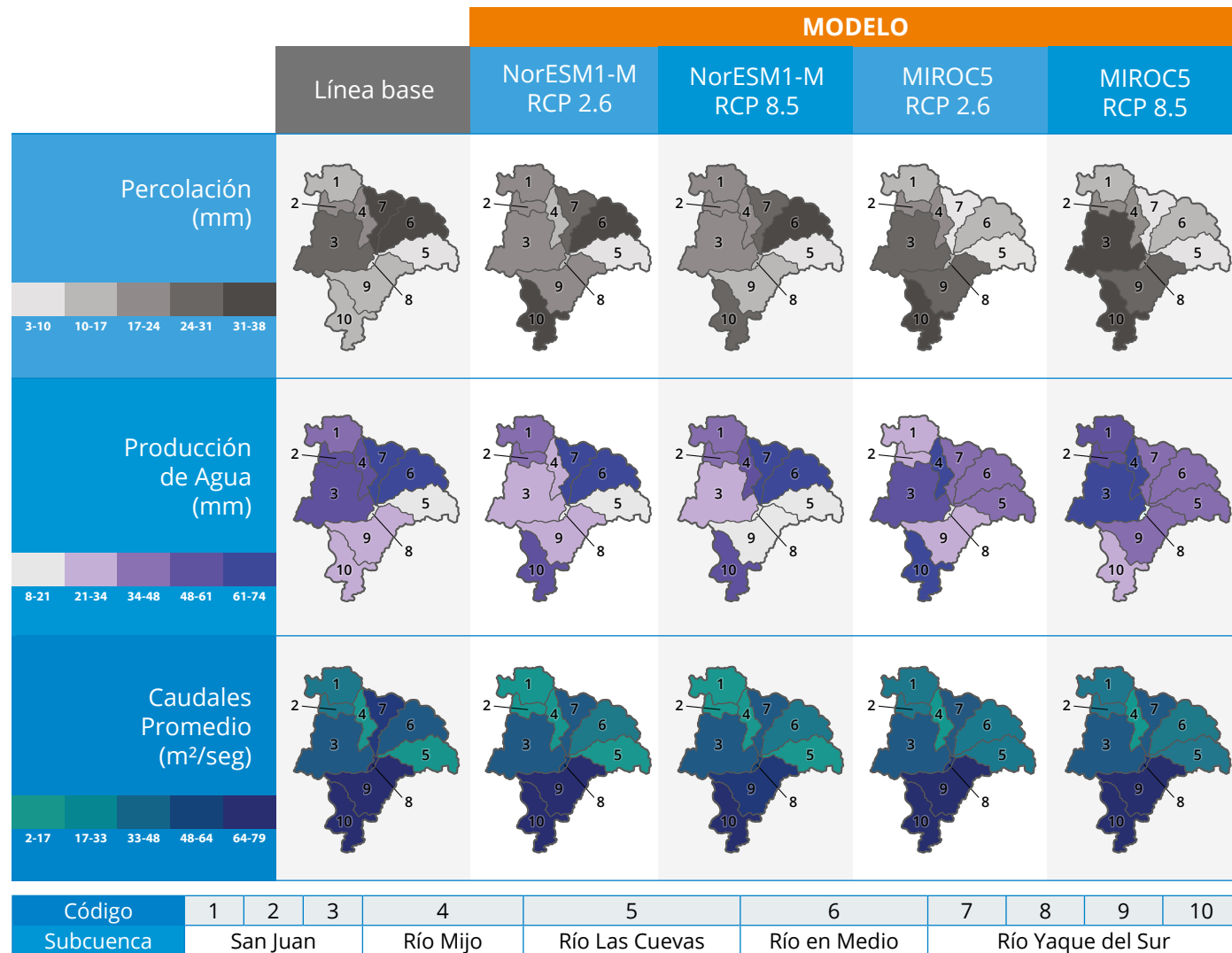
secuencias en términos de **arrastre de sedimentos**.

En la parte sur de la cuenca (números 9 y 10) en donde se encuentra el municipio de **Tamayo**, se espera **mayor precipitación**, especialmente en un

escenario de bajas emisiones (2.5 W/m²), lo que tiene algunos efectos en términos de **producción de agua** y **sedimentos**. Mientras el escenario RCP 8.5 indica una **reducción importante de las lluvias**.

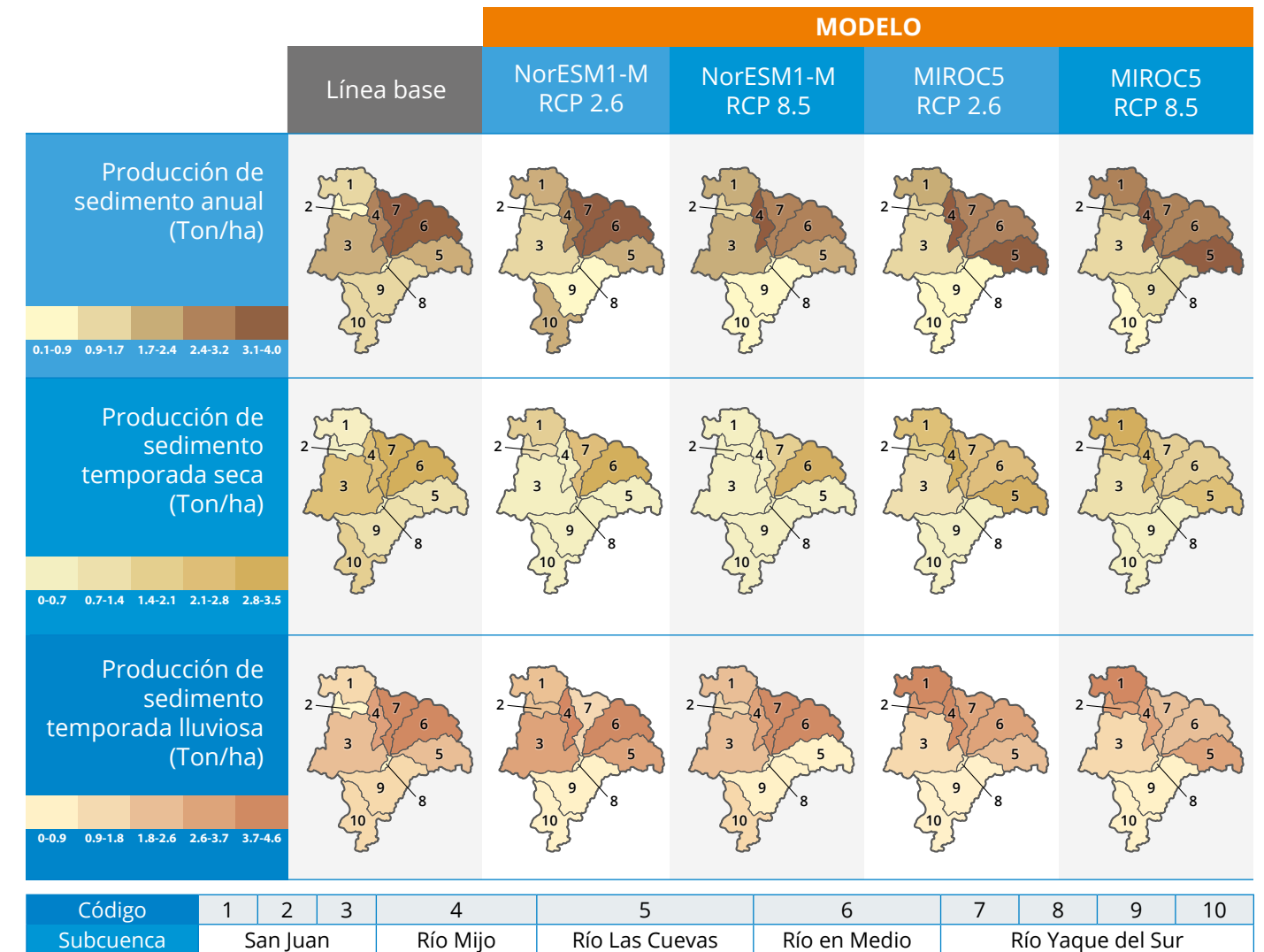


Se podrían presentar aumentos en la recarga de acuíferos en la zona baja de la cuenca Yaque del Sur.



Si se observa el componente de producción de agua, en estos mapas construidos con los totales anuales por subcuenca pareciera no existir diferencias respecto a la línea base; sin embargo, en los hidrogra-

mas que muestran el comportamiento mensual, se pueden ver alteraciones con respecto a la distribución actual o línea base (página 21).



Actualmente la producción anual de sedimentos en la cuenca Yaque del Sur se estima en 11.4 ton/ha. En la temporada seca, las microcuencas de los ríos Jinova, Yavano, Los Baos, Cañada, El Sillón y Arroyo Loro, producen en promedio 3.2 ton/ha. La sedimentación aumenta en la época lluviosa, tan solo la microcuenca

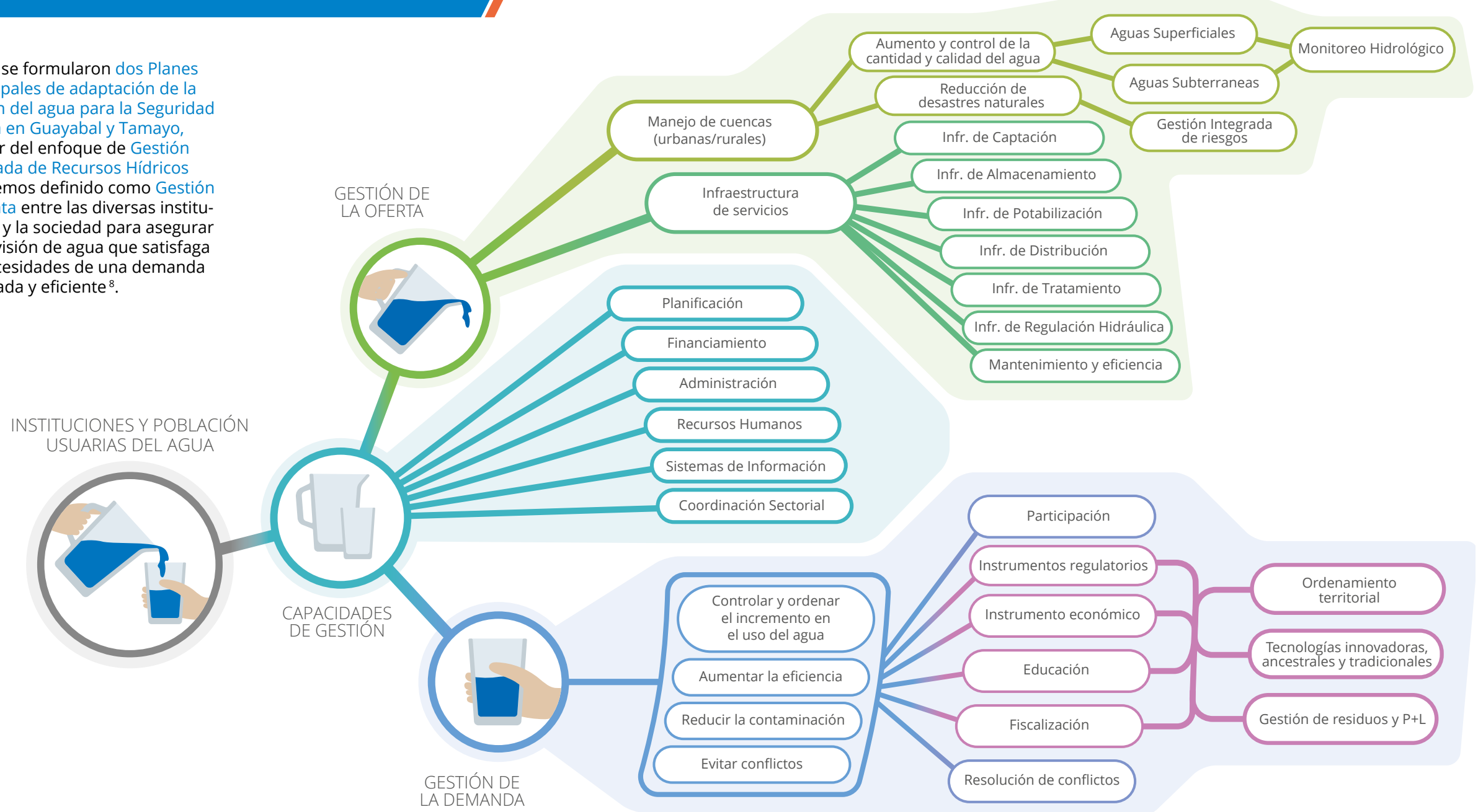
Mijo produce esta cantidad en el mes de septiembre y aumenta en la parte baja de la cuenca Yaque del Sur hasta 3.9 ton/ha como resultado del cambio de uso de suelo para cultivos intensivos como arroz y caña de azúcar.

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Ahora que sabemos cómo el **Cambio climático** podrá afectar los **recursos hídricos** de la **cuenca Yaque del Sur**, tanto temporalmente (hidrogramas, página 21), como espacialmente (mapas, páginas 22 a 25) y cómo la población es vulnerable a los posibles efectos (páginas 10 a 19), es necesario **construir un plan** para estar mejor preparados, es decir, un **Plan de adaptación**.

Sadoff y Muller (2010) ⁶ dicen que la mejor manera de adaptarse al cambio climático es procurando **Seguridad hídrica**, pues **un impacto directo del cambio climático se da sobre el agua**. En ese sentido, la comunidad internacional ⁷ ha encontrado que **para avanzar en términos de Seguridad hídrica es necesario integrar la gestión del agua**, por

lo que se formularon dos **Planes Municipales de adaptación de la gestión del agua para la Seguridad hídrica en Guayabal y Tamayo**, a partir del enfoque de **Gestión Integrada de Recursos Hídricos** que hemos definido como **Gestión conjunta** entre las diversas instituciones y la sociedad para asegurar la provisión de agua que satisfaga las necesidades de una demanda ordenada y eficiente ⁸.



⁶ Sadoff Claudia y Mike Muller. 2010. La gestión del agua, la Seguridad Hídrica y la adaptación al Cambio Climático. Efectos anticipados y respuestas esenciales. GWP. TEC Background papers No. 14. 101p.

⁷ Por ejemplo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Rio +20) en Planet under pressure (2012).

⁸ CATHALAC. Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe. 2015. La gestión del agua para la Seguridad Hídrica frente al Cambio Climático. Proyecto Seguridad Hídrica y Cambio Climático para la región de América Central y el Caribe. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC). Panamá. 55 p.

MEDIDAS PRIORIZADAS DE ADAPTACIÓN

GUAYABAL

PRIORIZACIÓN DE TEMAS DE SEGURIDAD HÍDRICA	
1	Fuentes de agua
2	Servicios
3	Usos de agua y desarrollo
4	Riesgos
5	Seguridad energética
6	Seguridad alimentaria
7	Salud
8	Gobernabilidad

*Los gestores del agua en el municipio identificaron las medidas de adaptación para los dos aspectos priorizados de la Seguridad hídrica en el municipio.

RESPUESTA*	Plazo C,M,L	Prioridad
FUENTES DE AGUA		
Reforestación de las fuentes de agua con especies nativas	C	1
Proyecto educativo para la población en cuanto al cuidado y manejo de cuencas	C	2
Asistencia técnica para implementar proyectos de reforestación a nivel de cuencas	C	3
Penalización de las malas prácticas en los bosques	C	4
Brigadas para cuidar y preservar las cuencas y combatir incendios	C	
Prácticas de conservación de suelos con barreras vivas y muertas	C	
Crear una reserva hidrológica municipal	M	
Construcción de reservorio	M	
Instalación de sistemas de riego	M	
Construcción de acueductos rurales	M	
Realizar Planes de finca	M	
SERVICIOS		
Fortalecimiento del personal de INAPA y otros facilitadores municipales sobre el mantenimiento de la calidad del agua de los sistemas de agua potable	C	1
Construir una planta de tratamiento de agua para el acueducto	C	2
Programa de educación ambiental a agricultores sobre contaminación de fuentes de agua	C	3
Campañas de educación a la ciudadanía sobre el uso y cuidado del agua	C	4
Construcción de alcantarillado de Guayabal para el control y tratamiento de aguas residuales	M	
Construcción de presas para irrigación y consumo doméstico	L	

TAMAYO

PRIORIZACIÓN DE TEMAS DE SEGURIDAD HÍDRICA	
1	Fuentes de agua
2	Servicios
3	Usos de agua y desarrollo
4	Riesgos
5	Salud
6	Seguridad alimentaria
7	Gobernabilidad
8	Seguridad energética

*Los gestores del agua en el municipio identificaron las medidas de adaptación para los cuatro aspectos priorizados de la Seguridad hídrica en el municipio.

RESPUESTA*	Plazo C,M,L	Prioridad
FUENTES DE AGUA		
Reforestación de cuencas hidrográficas	C	1
Poner en funcionamiento las mesas de diálogo y planificación interinstitucionales sobre recursos hídricos	C	2
Obras para recarga hídrica	C	3
Planificación sobre uso y oferta de agua	C	4
Campañas de sensibilización sobre protección y cuidado de bosques	M	
Establecer programa de pago por servicios ambientales	L	
Obras de conservación de suelos y obras de mitigación de inundaciones	L	
SERVICIOS		
Encanche o recubrimiento para los sistemas de letrinas y canales de riego	C	1
Mantenimiento y limpieza de los canales de riego de los usuarios	C	2
Construcción de Lagunas artificiales para captación de agua	C	3
Obras de canalización de agua en el río	C	5
Mejoramiento del servicio de drenaje y aguas residuales residencial	M	6
Tecnificar los actuales proyectos de distribución del agua	M	
Construcción de tinas	M	
Reemplazo del uso de cal y "plomero" (sustancia que posee ácido sulfúrico) a productos biodegradables	L	
USO DE AGUA Y DESARROLLO		
Plan para la gestión del uso del agua en sistemas productivos	C	1
Reemplazar la infraestructura del sistema de agua para evitar fugas	C	
Empoderamiento de las autoridades para regir la problemática del uso del agua en la agricultura	C	
Fomento de agricultura orgánica para disminuir brotes producidos por los productos químicos	M	
Generación de sistema de información de la demanda del agua	L	
Reacondicionamiento de tomas de agua y sistemas de riesgo	L	
RIESGOS		
Construcción de desagües para la zona urbana y predios agrícolas	C	1
Gestión y adquisición de herramientas, maquinaria y equipos para la atención a desastres para enfrentar emergencias	C	2
Diseñar un sistema de alerta temprana tanto para la sequía como para la inundación	C	3
Campaña de orientación y sensibilización a través de los medios locales de comunicación para la gestión del riesgo	C	4
Construcción de infraestructura de captación de agua y reservorios	M	5
Charlas de sensibilización en las escuelas y las comunidades	M	6
Establecer un cronograma de trabajo y seguimiento para el fortalecimiento de organizaciones de emergencia para enfrentar eventos naturales	M	7
Programa de reforestación con plantas endémicas, nativas y naturalizadas en las riberas de los ríos	M	8

RECURSO EDUCATIVO

¿Qué es el Cambio Climático?

¿Qué es ciclo hidrológico?

¿Qué es una cuenca hidrológica, a qué se puede parecer?

¿Cómo puede afectar el cambio climático la disponibilidad de agua?

¿Cómo puede afectarte a ti el cambio climático o a la actividad a la que te dedicas o se dedica tu familia?

¿A qué fenómenos relacionados con el cambio climático resulta más expuesto tu municipio?

Si observas la forma de medir sensibilidad y capacidad de adaptación, ¿Cuáles son los mayores factores de vulnerabilidad de tu municipio?

¿Qué se puede hacer en tu municipio para tener mayor Seguridad Hídrica considerando los posibles efectos del cambio climático?

¿Por qué debemos proteger los bosques en una cuenca?

AGRADECIMIENTOS



Deseamos agradecer a las siguientes personas, instituciones y organizaciones que nos han acompañado a lo largo de esta investigación: Al [Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales](#), en especial a S.E. José Alarcón Mella, Viceministro de Suelos y Aguas, Ramón Villamán, Ana Báez, Belkis Fernández, Ramón Luis, Joan Berás, Laris de los Santos, Ariel Ciprián, Jesús Beltré, Leonel Rosario Méndez, Miguel Mella, Ramón Luis, Ramón Marrero, Ricardo de la Cruz. Al [Instituto Tecnológico de Santo Domingo](#), principalmente a José B. Contreras, Leandro De La Cruz, Ángela Berenice Carrillo y Eva Núñez. A los participantes de los [Grupos Focales y Talleres Municipales](#): Juan Antonio Gómez, Santo Beltré, Manuel Emilio Veloz, Rafael Amable Familia, Natanael Dural, Nicolás Cabral Sánchez, Juden de la Cruz, José Enrique Galvá Lamarche, Natanael Reyes, Mervin Batista, Nelson Pérez, Alcibiades Vicente, Cristobalina Cuello, Eleodoro Terrero, Feliberto

Díaz, Leonardo Morillo, Radhamés Soto, Ramón Antonio Cuello, Wilson Taveras, Wilson Veloz, Ariel B. Galarza, Felipe Méndez B, Gumercindo Paula, Luis Batista Peña, Menni Acevez, Misicid Leo, Model Subenú, Néstor Ramírez, Nicolás Peña, Solimar Betancur, Tatania Aquino R, Julio Félix Montero, Conrado Arístides Santana Reyes, Eudalia Pérez S., Marvi Alcántara L., Blanca Celeste Díaz, Rafael Antonio Adames Jiménez, Manuel Emilio Veloz, Matías Valenzuela, Ansermo Cuello, Julio César Pineda V., Rafaela Cuello Custodio, Rudilania Montilla, Alejandro Díaz, Carmito Gómez, Estebanía Valenzuela, Francisco Ramírez Taveras, Henry Alcántara, José Antonio Terrero, Juan Bautista Piña, Marcial Cuello, Mauro de León, Máximo Morillo, Rafael Rojas Tejeda, René Emilio Grullón, Santiago Cedano, Tirso Cuello Familia, Zabá Morillo, Juan Concepción Morillo Galván, Mario Segura Rosó, Pedro Cedano, Valentin Minyete, Manolo Sánchez, Guillermo Mateo O.,

Juan Ramón Familia, Alexander Díaz, Elpidio Tineo. A las [Organizaciones](#): ADUTA de Tamayo, Alcaldía de Vuelta Grande (Tamayo), Alianza de Guayabal, APROCOPA de Guayabal, AsiPastores de Tamayo, Asoc. San Isidro de Guayabal, Asociación Santa Clara de Guayabal, Asociación de Caficultores de San Isidro de Guayabal, Asociación Infante Juvenil de Tamayo, ASOINJUT de Tamayo, Ayuntamiento Barahona, Ayuntamiento de Guayabal, Ayuntamiento de Tamayo, Bomberos de Tamayo, CEPROS de Padre las Casas, Club Amas de Casa de Guayabal, Consejo de Desarrollo de Guayabal, Cooperativa Aguacates de Guayabal, Dirección General Ganadería de Guayabal, Escuela de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Iglesia Adventista Ier Anciano de Guayabal, Junta de Regantes de Padre Las Casas, Junta Vecinos Guayabal, Red de Jóvenes de Guayabal, Iglesia de Guayabal, Sur Futuro; Ministerio de Agricultura y Ministerio de Deportes

CATHALAC es un Organismo Internacional establecido en 1992 y reconocido como ente intergubernamental mediante Ley No. 45 de 16 de septiembre de 2010, cuyo objetivo principal es promover el desarrollo sostenible por medio de la investigación aplicada, la educación y la transferencia de tecnología de los recursos hídricos y el ambiente, facilitando los medios para mejorar la calidad de vida en los países del trópico húmedo para América Latina y el Caribe. Las áreas de trabajo de CATHALAC se enfocan en lo siguiente: Gestión integrada de cuencas, gestión de riesgo, cambio climático y modelación y análisis ambiental.

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, Canadá) es una corporación pública creada por el Parlamento de Canadá en 1970 con el fin de ayudar a los países en desarrollo a utilizar la ciencia y la tecnología para encontrar soluciones prácticas y de largo plazo a los problemas sociales, económicos y ambientales que enfrenten. El IDRC ha financiado más de 2000 proyectos de investigación conducidos y administrados por investigadores e instituciones de la región.



SEGURIDAD HÍDRICA
Y CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA REGIÓN DE
AMÉRICA CENTRAL Y EL CARIBE

Datos de contacto



111 Ciudad del Saber, Clayton
Ciudad de Panamá, Panamá
Tel: +507-317-3200
Fax: +507-317-3299
www.cathalac.int



Ministerio de Ambiente
y Recursos Naturales



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala