



**Instituto Nacional de Sismología,
Vulcanología, Meteorología e
Hidrología de Guatemala**

BOLETÍN ANUAL No. 27 DE CALIDAD DEL AGUA GUATEMALA



*Río Azul, Jacaltenango, Huehuetenango
Fotografía de: Ana Luisa Cruz*

Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda

Guatemala, Centroamérica.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

Departamento de Investigación y Servicios Hídricos

Sección de calidad de agua y aire

Director

Ing. Agr. Edwin Aroldo Rojas Domingo

Elaborado por:

Jacqueline Ana Luisa Cruz Noriega

Carlos Javier Chicojay Morales

Pedro Pablo Molina Jauregui

Juan Fernando Valladares Morales

Luis Carlos José Hernández Sosa

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

Dirección: 7ª. Avenida 14-57 zona 13, Colonia Nueva Aurora.

Teléfono: 2310-5000

Sitio web: <http://insivumeh.gob.gt/>

Índice

Símbolos.....	5
Glosario	6
1. Red de monitoreo	8
2. Metodología de toma de muestras.....	9
2.1. Selección del punto de monitoreo.....	9
2.2. Puntos de monitoreo	9
2.3. Identificación de la muestra	9
2.4. Toma de Muestras	9
2.5. Preservación de la Muestra	10
2.6. Transporte, entrega y recepción de la muestra	10
3. Índice Simplificado de Calidad del Agua –ISQA–.....	10
3.1. Parámetros de Calidad de Agua.....	10
3.2. Clasificación del ISQA y Sus Diversas Aplicaciones	12
4. Calidad de agua para las regiones hidrográficas de Guatemala	13
5. Zonificación por vertiente según ISQA.....	14
5.1. Vertiente del Pacífico.....	14
5.2. Vertiente del Golfo de México.....	16
5.3. Vertiente del Caribe.....	18
6. Alternativas de uso de los cuerpos de agua dulce	20
6.1. Tipos de alternativas de uso	20
6.1.1. “Todos los Usos”	20
6.1.2. “La Mayoría de Usos”	21
6.1.3. “Riego e industria (restringidos)”	21
6.1.4. “Riego (restringido y vigilado)”	21
6.1.5. “Inadmisible y peligroso.”	22
7. Recomendaciones	23
8. Anexos.....	24
9. Referencias bibliográficas	33

Índice de figuras

Figura 1 Puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del agua superficial 2024	8
Figura 2 Toma de muestra de agua superficial en punto de monitoreo Cuilco, Huehuetenango.	9
Figura 3 Red de evaluación de la calidad del agua superficial 2024.....	13
Figura 4 Red de evaluación de la calidad del agua superficial de la Vertiente del Pacífico.....	14
Figura 5 Resultados para la vertiente del Pacífico – ISQA 2024	15
Figura 6 Red de evaluación de la calidad del agua superficial de la Vertiente del Golfo de México	16
Figura 7 Resultados para la vertiente del Golfo de México – ISQA 2024	17
Figura 8 Red de evaluación de la calidad del agua superficial de la Vertiente del Caribe.....	18
Figura 9 Resultados para la vertiente del Caribe – ISQA 2024	19
Figura 10 Punto de monitoreo Cahaboncito, El Estor, Izabal.	22
Figura 11 Punto de monitoreo Puente Polochic, Santa Catalina la Tinta, Alta Verapaz.....	23
Figura 12 Punto de monitoreo San Pedro Cadenas, San Luis, Petén.....	29
Figura 13 Punto de monitoreo Laguna Brava, Nentón, Huehuetenango	32

Índice de tablas

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos para el cálculo del Índice Simplificado de Calidad de Agua.....	10
Tabla 2 Categorías según Índice Simplificado de Calidad de Agua.....	12
Tabla 3 Lugares de toma de muestra para evaluación de calidad de agua superficial.....	24
Tabla 4 Parámetros de calidad de agua utilizados para cálculo del ISQA.....	27
Tabla 5 Valor del ISQA, clasificación y alternativas de uso de los cuerpos de agua.	30

Símbolos

$\mu\text{S/cm}$	Microsiemens por centímetro
$\mu\text{S/m}$	Microsiemens por metro
mg/l	Miligramos por litro
%	Porcentaje
pH	Potencial de Hidrógeno
$^{\circ}\text{C}$	Grados Centígrados
ppm	Partes por millón

Glosario

A.G.	Acuerdo Gubernativo.
Aptitud de uso	Que tiene las características y/o parámetros que reflejan una capacidad adecuada para un uso determinado.
Cadena de custodia	Es el procedimiento que implica la toma adecuada de la muestra, transporte apropiado y entrega en una temperatura controlada.
Calidad del agua	Término que se utiliza para describir las características fisicoquímicas y biológicas del agua.
Código de estación	Número que identifica la vertiente, la cuenca y el río, de las ubicaciones de las estaciones hidrológicas que pertenecen a la red de monitoreo de INSIVUMEH.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
Cuenca hidrográfica	Territorio drenado por un único sistema y que sus aguas dan al mar u océano a través de un río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.
Cuerpo de agua dulce	Es cualquier extensión que se encuentra en la superficie terrestre o en el subsuelo; tanto en estado líquido como sólido, en este boletín se hace referencia únicamente a ríos lagos y lagunas
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ICA	Índice de Calidad del Agua
Indicador	Es un valor de referencia para evaluar la utilidad y/o eficiencia de una medición.
Índice de Calidad del Agua	Valor que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano independiente de su uso.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
ISQA	Índice Simplificado de Calidad del Agua
Muestra	La parte representativa, a analizar, de los cuerpos de agua.

Muestreador de agua	Herramienta para mediciones medioambientales, compuesto por un vaso de precipitados angular y una varilla telescópica.
NTG	Norma Técnica Guatemalteca
OD	Oxígeno Disuelto
OMS	Organización Mundial de la Salud
Parámetro	Es la variable que identifica una característica de cuerpos de agua, asignándole un valor numérico.
SS	Sólidos Suspendidos
SST	Sólidos Suspendidos Totales
Tratamiento previo	Cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de los cuerpos de agua.
UNT	Unidad de Turbiedad Nefelométrica
Vertiente hidrográfica	Conjunto de cuencas fluviales cuyas aguas vierten en el mismo mar u océano.

1. Red de monitoreo

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) es una entidad técnico-científica que desempeña un papel crucial en la generación de información atmosférica, geofísica e hidrológica. El Departamento de Investigación y Servicios Hídricos tiene la responsabilidad de monitorear y vigilar los principales recursos hídricos del país, centrándose específicamente en los niveles de ríos, lagos y el monitoreo de los océanos Pacífico y Atlántico.

El INSIVUMEH, a través de su Laboratorio de Hidroquímica, lleva a cabo el monitoreo de la calidad de los principales ríos, lagos y lagunas del país. Este proceso se realiza en los cuerpos de agua que conforman la red de puntos de monitoreo, donde se realizan análisis fisicoquímicos para evaluar su calidad.

Actualmente, el Laboratorio lleva a cabo un extenso programa de monitoreo en Guatemala, cubriendo un total de 85 puntos estratégicos distribuidos a lo largo y ancho del país. Estos puntos de monitoreo abarcan una variedad de cuerpos de agua, desde ríos hasta lagos y lagunas, proporcionando una cobertura integral de la calidad hídrica en Guatemala.

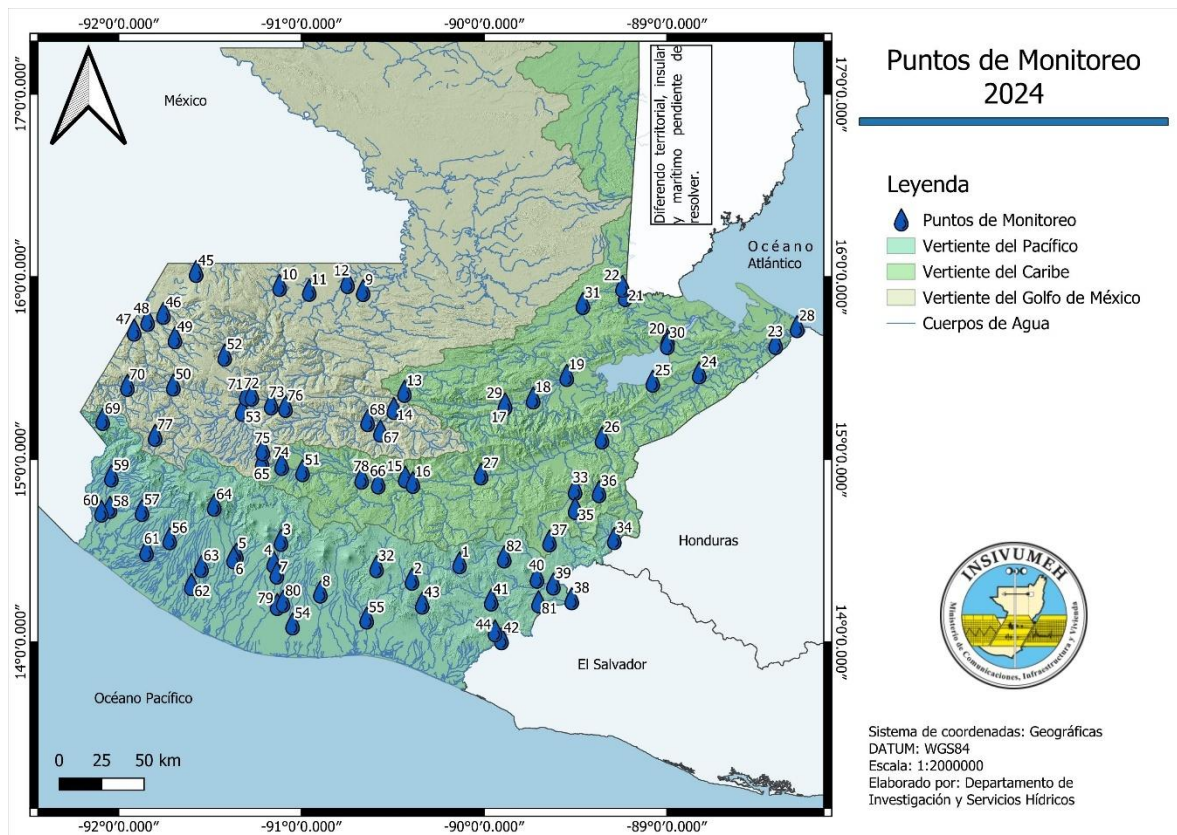


Figura 1
Puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del agua superficial 2024

2. Metodología de toma de muestras

El objetivo del muestreo es obtener una muestra simple y puntual del cuerpo de agua dulce, en la cual se analizarán las características fisicoquímicas de interés. Para lograr este propósito, es fundamental que la muestra conserve las características de todos los componentes presentes en la muestra original y que no se produzcan cambios relevantes en su composición antes de su análisis en el laboratorio. A continuación, se describen los pasos necesarios para obtener la muestra de agua superficial:

2.1. Selección del punto de monitoreo

Identificar con precisión el punto en el cuerpo de agua donde se tomará la muestra, considerando factores como la representatividad y la variabilidad del área.

2.2. Puntos de monitoreo

Actualmente se monitorean 85 puntos establecidos, los cuales pertenecen a la red de puntos de monitoreo del Laboratorio de Hidronímica de INSIVUMEH en los principales lagos y lagunas del país.

2.3. Identificación de la muestra

Se realiza por medio de una etiqueta o cinta adhesiva. La información mínima que debe es:

- Nombre de la estación hidrológica o cuerpo de agua dulce.
- Fecha y hora de recolección.
- Preservación realizada.

2.4. Toma de Muestras

La metodología que se utiliza en Laboratorio de Hidroquímica para la toma de muestra se basa en lo establecido por la Norma Técnica Guatemalteca ISO 5667-6.



Figura 2
Toma de muestra de agua superficial en punto de monitoreo Cuilco, Huehuetenango.

2.5. Preservación de la Muestra

El objetivo de la preservación es retardar los cambios químicos y biológicos que continúan después de que la muestra se retira del cuerpo de agua dulce monitoreado. Los resultados analíticos son más exactos en la medida que el tiempo transcurrido entre la recolección de la muestra y su análisis sea menor. Los métodos de preservación son basados de acuerdo al Greenberg Arnold E. Standard Methods 22 Edition, Ap.

2.6. Transporte, entrega y recepción de la muestra

Las muestras deben ser almacenadas en una hielera con hielo triturado, manteniendo la muestra a una temperatura de enfriamiento entre 4 - 6 °C. Se debe asegurar que los envases estén correctamente tapados e identificados.

3. Índice Simplificado de Calidad del Agua –ISQA–

El Índice de Calidad de Agua (ISQA, por sus siglas en catalán), se utiliza como una herramienta integral para evaluar la calidad del agua en función de varios parámetros fisicoquímicos. Este índice proporciona una medida cuantitativa que refleja la salud general de un cuerpo de agua y su aptitud para diversos usos.

La aplicación principal del ISQA radica en la clasificación del agua según sus propiedades, lo que permite determinar su idoneidad para usos específicos. Estos usos pueden variar desde el consumo humano hasta actividades recreativas, soporte de vida acuática y riego agrícola. Cada categoría de uso tiene umbrales específicos de calidad del agua, lo que facilita la toma de decisiones informadas sobre la gestión del recurso hídrico.

3.1. Parámetros de Calidad de Agua

Para la determinación del Índice de Calidad de Agua (ISQA), se emplean 5 parámetros fisicoquímicos de uso general. Por lo tanto, los posibles usos, como se detallan en la Tabla 1, están sujetos a diversas condiciones en relación con los demás parámetros fisicoquímicos.

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos para el cálculo del Índice Simplificado de Calidad de Agua.

Parámetro	Abreviación	Unidad
Temperatura	T	°C
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L
Oxígeno Disuelto	O ₂	mg/L
Conductividad eléctrica	C.E.	µS/cm

Fuente: Prat, Puértolas, & Rieradevall (2008, p. 99); Queralt & Godé (1987, p. 22).

Cada uno de estos parámetros aporta información crucial sobre distintos aspectos de la calidad del agua, como su capacidad para sustentar vida acuática, la presencia de contaminantes orgánicos, la carga de sólidos en suspensión, la disponibilidad de oxígeno esencial y la conductividad eléctrica que indica la presencia de sales disueltas. La fórmula según Prat, Puértolas, & Rieradevall (2008, p.99), combina y pondera los siguientes parámetros, proporcionando un valor numérico que refleja la calidad del agua evaluada:

$$ISQA = T * (A + B + C + D) \quad (1)$$

T se deduce de la temperatura (t) en °C del agua del río. Puede adquirir valores de 1 a 0,8.

$$\text{Si } t \leq 20^{\circ}\text{C entonces } T = 1 \quad (2)$$

$$\text{Si } t > 20^{\circ}\text{C entonces } T = 1 - (t - 20) * 0,0125 \quad (3)$$

A se deduce de la oxidabilidad al permanganato (DQO), (a) expresada en mg/l. Puede adquirir valores de 0 a 30.

$$\text{Si } a \leq 10 \text{ entonces } A = 30 - a \quad (4)$$

$$\text{Si } 60 > a > 10 \text{ entonces } A = 21 - (0,35 * a) \quad (5)$$

$$\text{Si } a > 60 \text{ entonces } A = 0 \quad (6)$$

B se deduce a partir de los sólidos suspendidos totales (SST) en mg/l. Puede adquirir valores de 0 a 25.

$$\text{Si } SST \leq 100 \text{ entonces } B = 25 - (0,15 * SST) \quad (7)$$

$$\text{Si } 250 > SST > 100 \text{ entonces } B = 17 - (0,07 * SST) \quad (8)$$

$$\text{Si } SST > 250 \text{ entonces } B = 0 \quad (9)$$

C se deduce a partir del oxígeno disuelto (O₂) en mg/l. Puede adquirir valores de 0 a 25.

$$C = 2,5 * O_2 \text{ disuelto} \quad (10)$$

$$\text{Si } O_2 \text{ disuelto} \geq 10 \text{ entonces } C = 25 \quad (11)$$






D se deduce de la conductividad eléctrica expresada en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (c) a 18 °C. Si la conductividad se ha medido a 25°C, para convertirla a 18°C se debe multiplicar por 0,86 los valores de D pueden adquirir valores de 0 a 20.

$$\text{Si conductividad} \leq 4000 \text{ entonces } D = (3,6 - \log c) * 15,4 \quad (12)$$

$$\text{Si es } > 4000 \text{ entonces } D = 0 \quad (13)$$

3.2. Clasificación del ISQA y Sus Diversas Aplicaciones

Tabla 2
 Categorías según Índice Simplificado de Calidad de Agua

ISQA	Categoría	Posibles usos	Propiedades del agua	Color
85-100	Excelente	Todos los usos. Si es usado para consumo humano siempre y cuando cumpla con la Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 29001.	Son aguas muy claras y limpias, aptas para el crecimiento y bienestar de la biodiversidad acuática, se asocian a zonas de montaña y/o de nacimientos (manantiales, otros).	
60-85	Buena	La mayoría de usos. Si es usado para consumo humano debe ser tratada previamente y cumplir con la Norma Técnica Guatemalteca (NTG 29001).	Son aguas claras que todavía son limpias. Favorece la diversidad de la biodiversidad acuática.	
45-60	Intermedia	Riego e industria (restringidos). Su uso involucra tratamientos previos o bien puede ser agua de reúso siempre y cuando cumpla con la normativa de aguas residuales (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006).	Son aguas sucias que pueden tener coloraciones, malos olores y de mal gusto. Las condiciones no son aptas para el buen desarrollo de los peces.	
30-45	Mala	Riego (restringido y vigilado; para cultivos permanentes arbóreos y según el tipo de riego).	Aguas deterioradas. No es aconsejable su uso para el consumo humano. Bajos niveles de oxígeno disuelto que soporten la vida acuática, y pueden existir sedimentos con fermentación anaeróbica.	
0 - 30	Peligrosa	Inadmisible y peligroso.	Son aguas con fermentaciones anaeróbicas por todas partes y puede presentarse una situación global de alta degradación del río. Las aguas subterráneas cercanas al cauce podrían estar degradadas. No es aconsejable su uso para el consumo humano. Son aguas residuales con o sin dilución.	

Fuente: adaptado por INSIVUMEH y el ICC de Prat, Puértolas, & Rieradevall (2008, p. 100); Queralt & Godé (1987, p. 22).

Es importante considerar que los índices fisicoquímicos, a diferencia de los biológicos, no pueden representar de manera precisa la calidad del agua a lo largo del tiempo. Su principal limitación radica en que proporciona una evaluación instantánea de las condiciones del medio, reflejando únicamente el estado en el momento de la medición. En contraste, los índices biológicos ofrecen una visión más integral y sostenida en el tiempo, ya que están basados en la presencia y comportamiento de organismos que responden a cambios ambientales de forma acumulativa.

4. Calidad de agua para las regiones hidrográficas de Guatemala

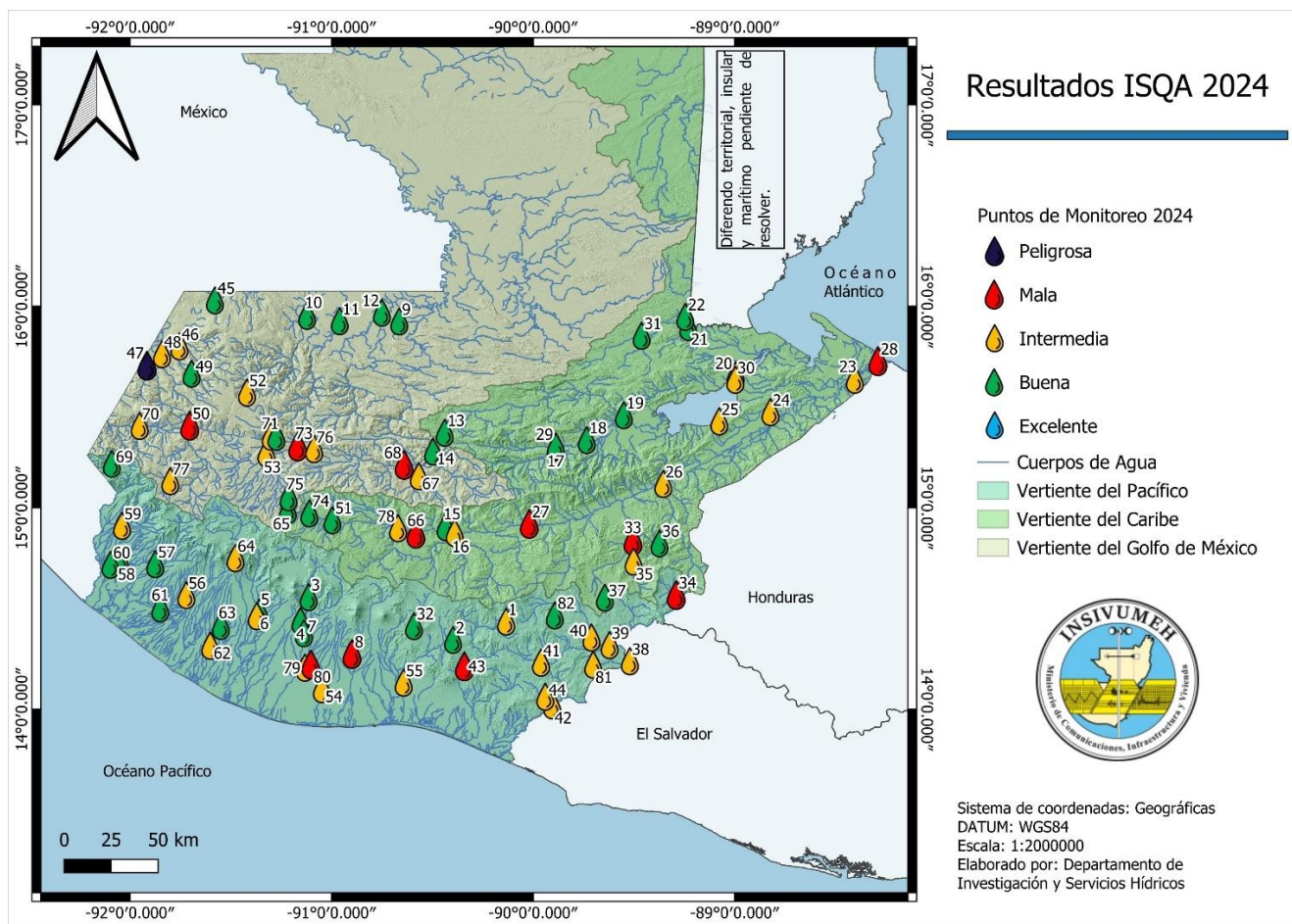
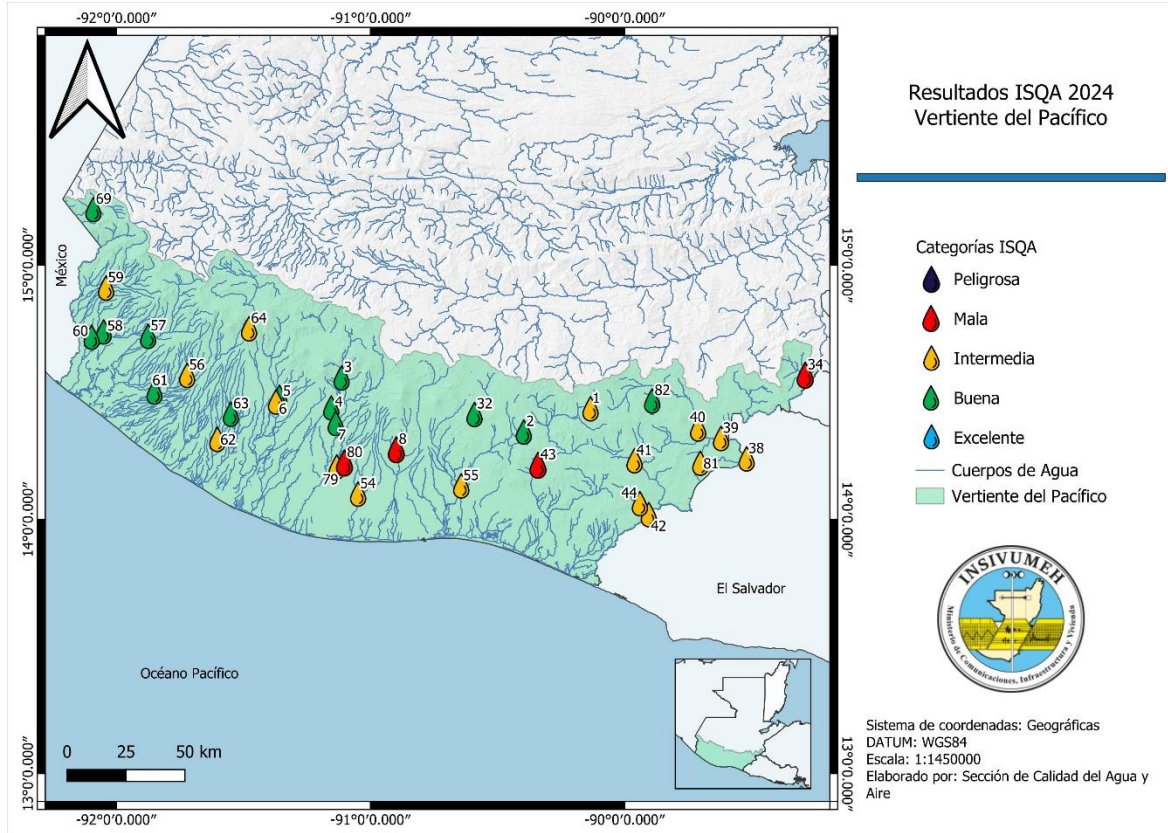


Figura 3
Red de evaluación de la calidad del agua superficial 2024

5. Zonificación por vertiente según ISQA

5.1. Vertiente del Pacífico



Basándonos en los resultados obtenidos mediante el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), según se muestra en la figura 4, se observa que de los 33 puntos de monitoreo analizados en la vertiente del Pacífico, 13 presentan una calidad "buena", 16 tienen calidad intermedia y 4 muestran una calidad "mala". Asimismo, en la figura 5 se detallan los valores correspondientes a cada categoría. A partir de estas clasificaciones, se establecen las aptitudes de uso recomendadas, las cuales se describen en la sección 6 del presente informe.

Esto no significa que los cuerpos de agua no puedan destinarse a otras actividades; Más bien, destaca la necesidad de aplicar un tratamiento previo para garantizar que los parámetros cumplan con los límites establecidos por normas y/o valores guía según la actividad a realizar

Figura 4
Red de evaluación de la calidad del agua superficial de la Vertiente del Pacífico

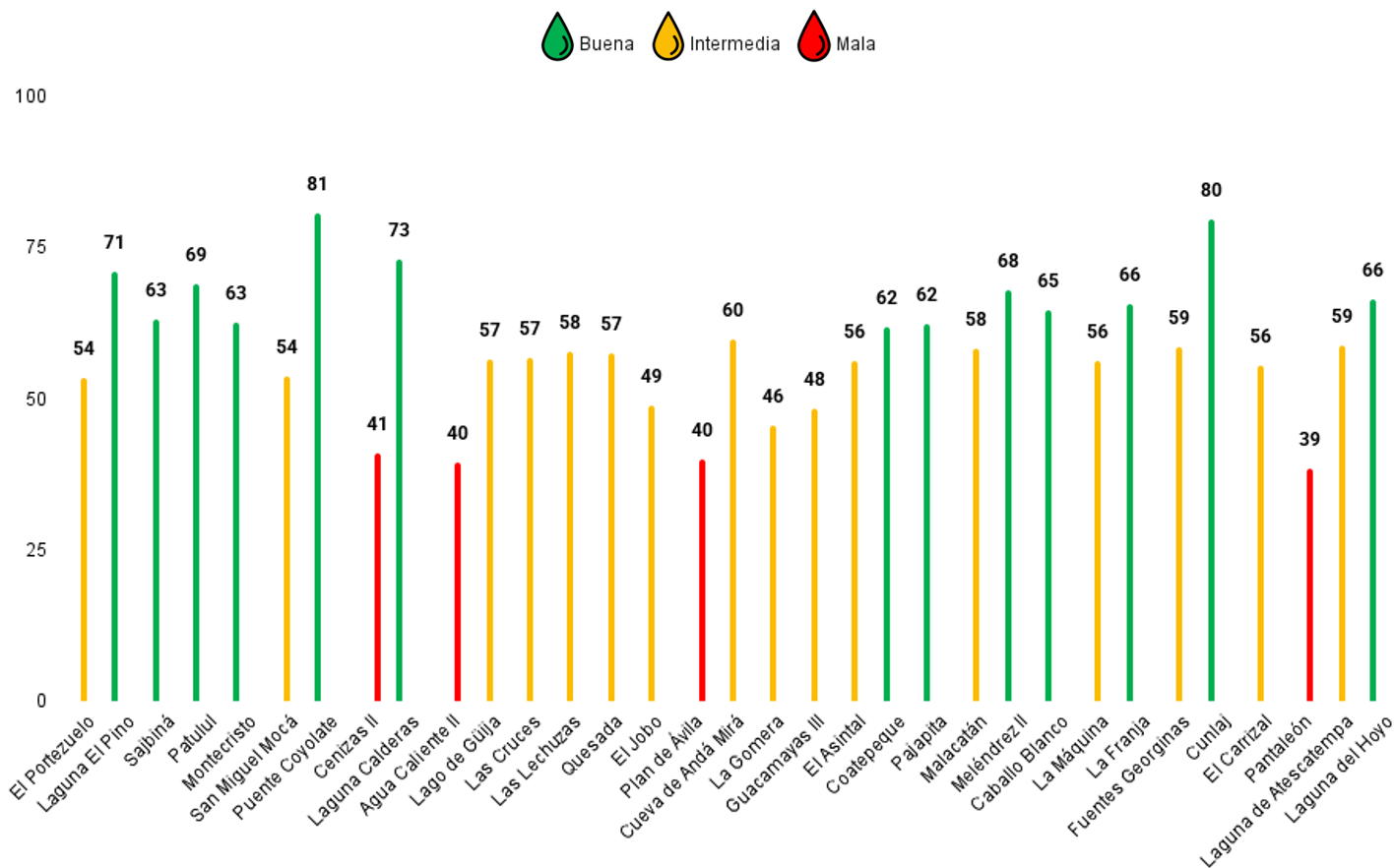
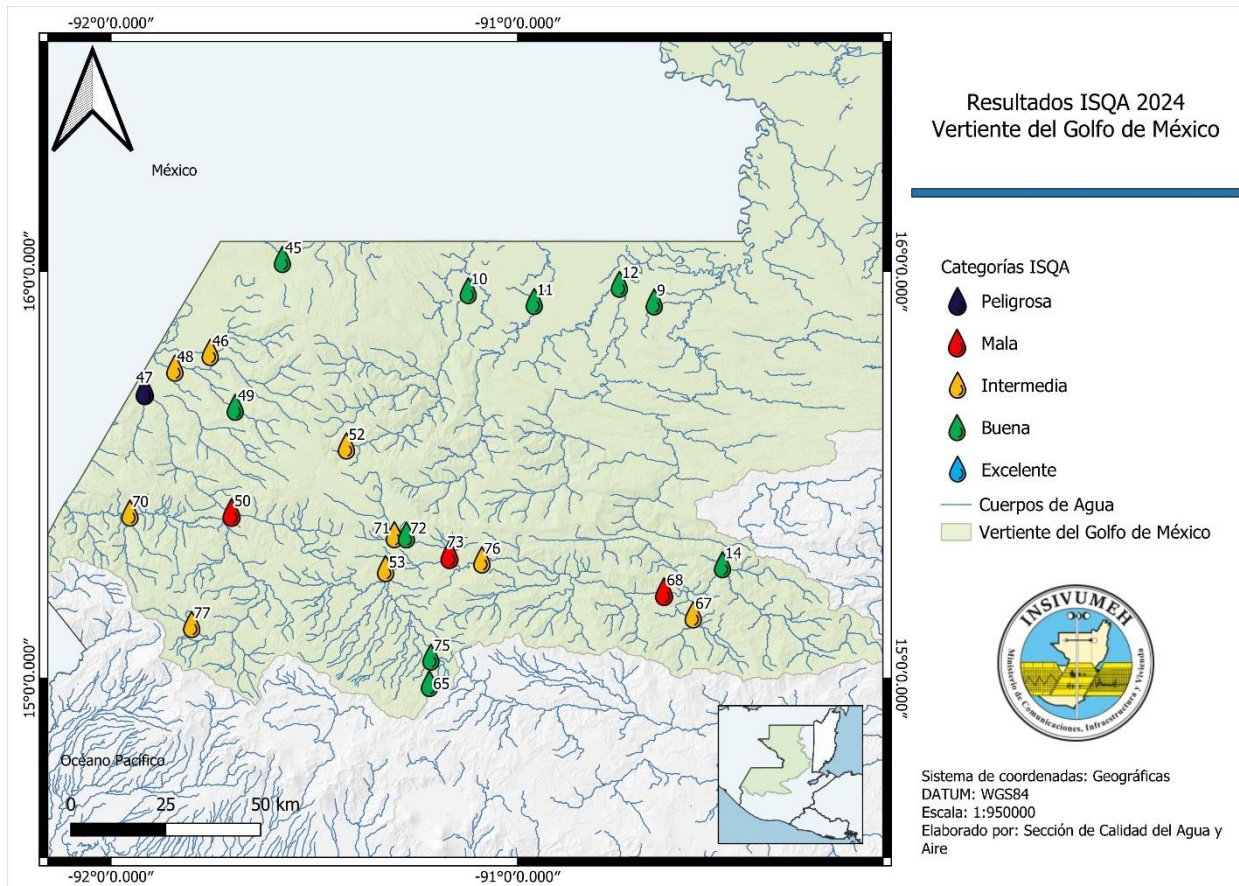


Figura 5
Resultados para la vertiente del Pacífico – ISQA 2024

5.2. Vertiente del Golfo de México



De acuerdo a la información presentada en la figura 6, se han analizado un total de 23 puntos en el Golfo de México para determinar su Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA). Se encontró que 10 de estos puntos tienen una calidad "buena", 9 están en la categoría "intermedia", 3 presentan una calidad considerada como "mala" y 1 en calidad "Peligrosa". A partir de estas clasificaciones, se establecen las aptitudes de uso recomendadas, las cuales se describen en la sección 6 del presente informe.

Esto no significa que los cuerpos de agua no puedan destinarse a otras actividades; Más bien, destaca la necesidad de aplicar un tratamiento previo para garantizar que los parámetros cumplan con los límites establecidos por normas y/o valores guía según la actividad a realizar.

Figura 6
 Red de evaluación de la calidad del agua superficial de la Vertiente del Golfo de México.

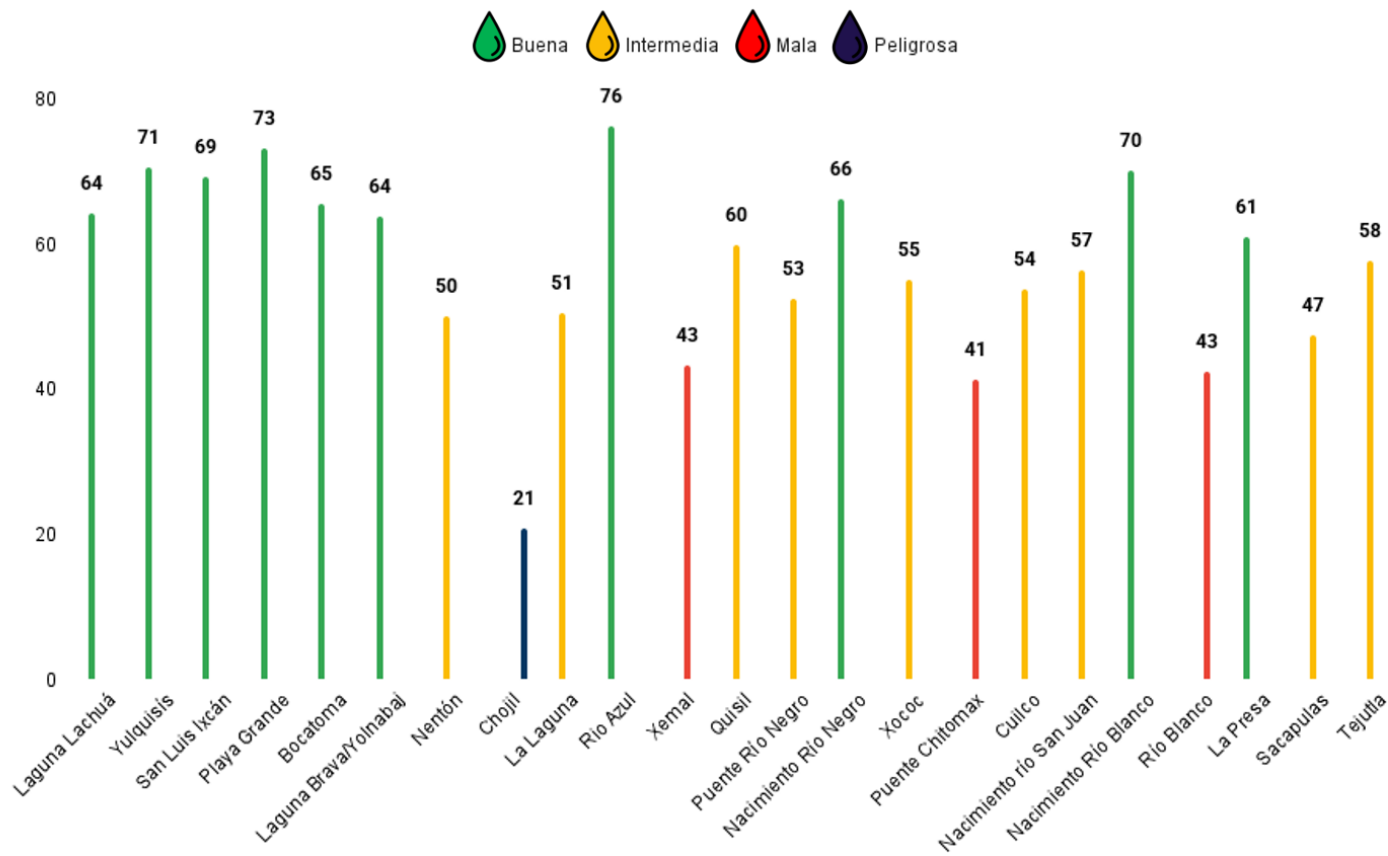


Figura 7
Resultados para la vertiente del Golfo de México – ISQA 2024

5.3. Vertiente del Caribe

Los 26 puntos de monitoreo ubicados en la vertiente del Caribe fueron evaluados utilizando la metodología ISQA para determinar la calidad del agua, conforme a los resultados presentados en la figura 8. Se observa que, 13 se clasifican como "buena", mientras que 9 tiene una calidad "intermedia". Asimismo, 4 puntos presentan una calidad "mala".

Cada calidad está explicada en la sección 6, al igual que los posibles usos recomendados. Esto no significa que los cuerpos de agua no puedan ser utilizados para otras actividades, sino que requiere un tratamiento previo para cumplir con los límites establecidos por normas y/o valores guía según la actividad.

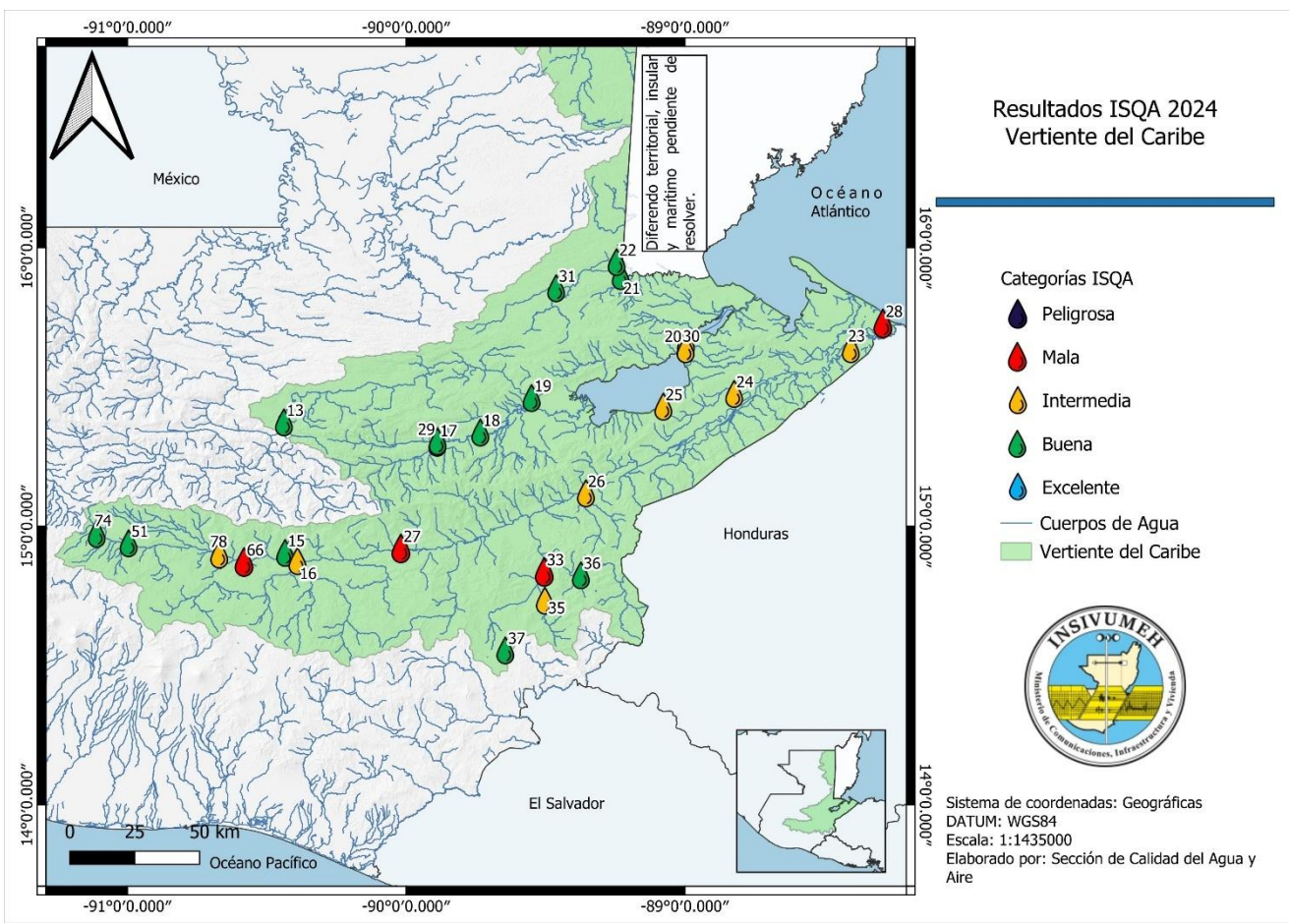


Figura 8
 Red de evaluación de la calidad del agua superficial de la Vertiente del Caribe

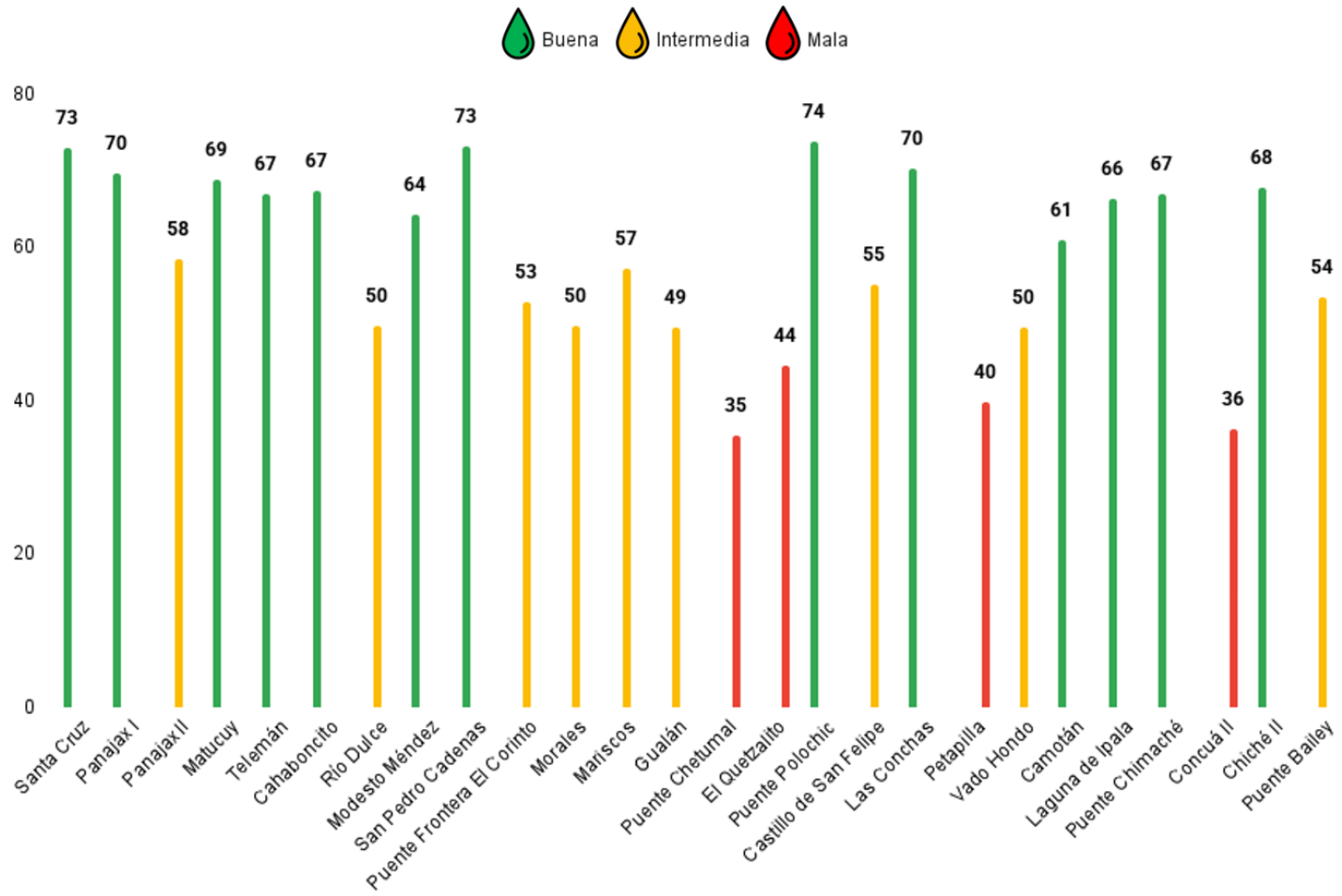


Figura 9
 Resultados para la vertiente del Caribe – ISQA 2024

6. Alternativas de uso de los cuerpos de agua dulce

Las alternativas de uso en calidad de agua se refieren a las diferentes formas en que el agua puede ser utilizada de manera segura y efectiva en diversas aplicaciones, abarcan una amplia gama que van desde el consumo humano hasta la preservación del medio ambiente, cada una con requisitos específicos de calidad para garantizar su uso seguro y sostenible; la calidad del agua adecuada para cada uso puede variar según las características específicas de cada situación,

6.1. Tipos de alternativas de uso

6.1.1. “Todos los Usos”

En general implica la ausencia de contaminantes y microorganismos que puedan representar riesgos para la salud humana o el medio ambiente. Esto implica que el agua debe cumplir con ciertos estándares de calidad para ser utilizada en diferentes aplicaciones, como consumo humano, riego agrícola, actividades industriales, recreación y preservación del ecosistema acuático.

Si se tiene la intención de utilizar el agua dulce para consumo humano, es crucial que sea sometida a un tratamiento previo de acuerdo con la Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 29001. Este proceso garantiza que el agua esté libre de contaminantes y microorganismos patógenos que puedan representar riesgos para la salud pública. El cumplimiento estricto de esta normativa asegura la calidad del agua potable y protege la salud de la población que la consume.

La mayoría de los usos del agua dulce requieren que sea tratada previamente para garantizar su calidad y seguridad. En el caso del consumo humano, este tratamiento es especialmente crucial y debe realizarse de acuerdo con las normativas establecidas, como la Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 29001. Este estándar define los procedimientos y requisitos específicos que deben cumplirse para el tratamiento del agua destinada al consumo humano, con el fin de eliminar contaminantes y microorganismos patógenos que puedan representar riesgos para la salud pública.

El tratamiento del agua debe ser diseñado con base en una caracterización detallada del agua, que incluya análisis físico-químicos y microbiológicos. Estos análisis proporcionan información crucial sobre las características del agua, como la presencia de contaminantes químicos, microorganismos, pH, turbidez, entre otros parámetros. Con base en esta caracterización, se determinan los procesos de tratamiento necesarios para eliminar o reducir los contaminantes a niveles seguros para el consumo humano.

Los procesos de tratamiento pueden incluir la filtración, desinfección, coagulación, sedimentación, entre otros, dependiendo de las características específicas del agua y los contaminantes presentes. Es importante que el tratamiento del agua sea monitoreado de forma

continúa para garantizar que cumpla con los estándares de calidad establecidos y que el agua tratada sea segura para el consumo humano. Este enfoque basado en la caracterización del agua asegura que el tratamiento sea efectivo y adecuado para las condiciones específicas de cada fuente de agua.

6.1.2. “La Mayoría de Usos”

La Mayoría de Usos, se refiere a las aguas claras que conservan su limpieza promueven la biodiversidad acuática al proporcionar un ambiente saludable y favorable para una amplia gama de organismos acuáticos. Su conservación y protección son fundamentales para mantener la salud y la belleza de los ecosistemas acuáticos.

En el caso del consumo humano, es obligatorio que exista un tratamiento especial y debe realizarse de acuerdo con la Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 29001. El tratamiento del agua debe ser diseñado con base en una caracterización detallada del agua, que incluya análisis físico-químicos y microbiológicos. Estos análisis proporcionan información básica sobre las características del agua, como la presencia de contaminantes químicos, microorganismos, pH, turbidez, entre otros parámetros. Con base en esta caracterización, se determinan los procesos de tratamiento necesarios para eliminar o reducir los contaminantes a niveles seguros para el consumo humano.

6.1.3. “Riego e industria (restringidos)”

En el ámbito de riego e industria, el uso del agua está sujeto a restricciones debido a la necesidad de garantizar la calidad del recurso hídrico. En muchos casos, el agua utilizada para dichos fines puede contener una variedad de contaminantes que la hacen inapropiada para su uso directo en diferentes actividades. Estos contaminantes pueden incluir productos químicos, metales pesados, materia orgánica y microorganismos patógenos.

Por otro lado, el agua de reúso se presenta como una opción sostenible y económicamente viable para el riego en la industria. Esta práctica implica el tratamiento y la purificación del agua residual generada por las actividades industriales, de modo que pueda ser reutilizada en operaciones de riego. Sin embargo, es fundamental que el agua de reúso cumpla con los estándares de calidad establecidos en la normativa aplicable, como el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

6.1.4. “Riego (restringido y vigilado)”

El riego restringido y vigilado, especialmente cuando se destina a cultivos permanentes arbóreos y se adapta al tipo específico de riego necesario, es una práctica esencial para garantizar un desarrollo adecuado de los cultivos. Sin embargo, cuando se trata de utilizar aguas deterioradas para este fin, surgen diversas preocupaciones ambientales y de salud pública.

Las aguas deterioradas, caracterizadas por su mala calidad y posible contaminación, no son aconsejables para el consumo humano debido al riesgo potencial para la salud que representan. Además, estas aguas pueden contener bajos niveles de oxígeno disuelto, lo que dificulta la vida acuática y puede resultar en la muerte de organismos acuáticos. Esta situación puede ser el resultado de la presencia de contaminantes químicos o materia orgánica en descomposición, que agotan el oxígeno disponible en el agua.

6.1.5. “Inadmisibile y peligroso.”

El uso de estas aguas es absolutamente inaceptable y representa un riesgo considerable para la salud y el medio ambiente. La presencia de fermentaciones anaeróbicas señala una grave descomposición del cuerpo de agua, lo cual puede dar lugar a una situación crítica y extendida de contaminación en el río. También es posible que las aguas subterráneas cerca del río estén contaminadas y dañadas de la misma forma. Es fundamental resaltar que estas aguas, tanto si son residuales con dilución como sin ella, no son apropiadas para el consumo humano. El contacto con o la ingestión de estas aguas contaminadas puede causar problemas graves de salud. Por lo tanto, es necesario tomar medidas para y recuperar la calidad del agua.

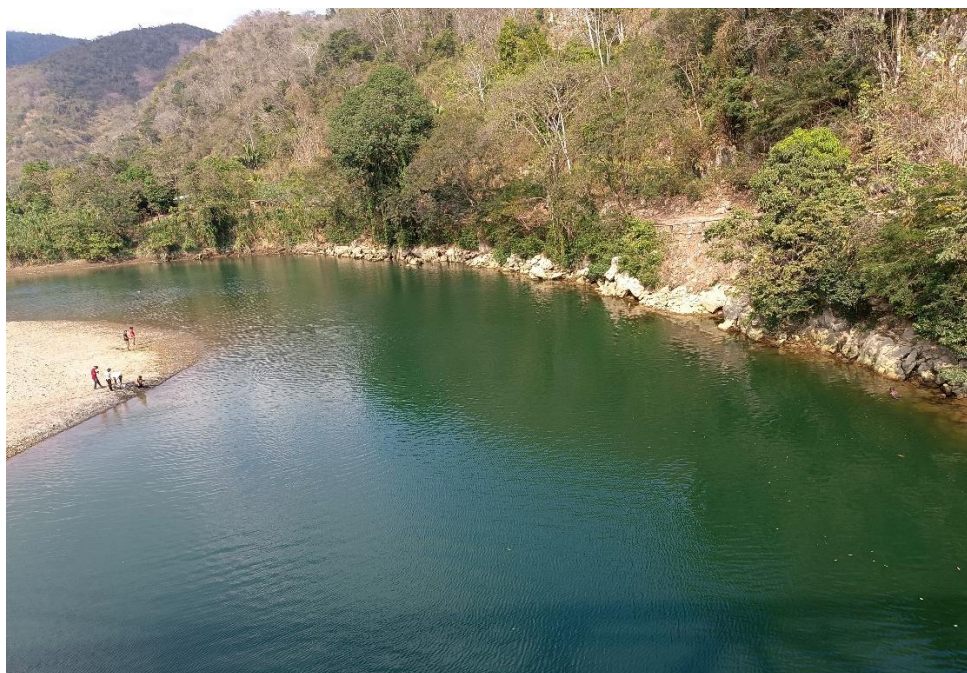


Figura 10
Punto de monitoreo Cahaboncito, El Estor, Izabal.

7. Recomendaciones

Se recomienda a toda la población:

- Es importante evitar, en la medida de lo posible, el contacto directo con ríos, lagos o lagunas que muestren signos de contaminación, como malos olores, coloración grisácea o café, presencia de algas y basura flotante.
- Se aconseja abstenerse de consumir agua de ríos, lagos o lagunas sin un tratamiento previo adecuado, que puede incluir hervir, clorar, ozonificar y/o filtrar el agua para garantizar su potabilidad.
- Es fundamental no arrojar basura en las proximidades ni dentro de los cuerpos de agua, contribuyendo así a la preservación de su calidad y salud ambiental.

Se recomienda a las instituciones y entes privados:

- Se insta a considerar la calidad del agua a nivel nacional y aplicar el tratamiento necesario según la actividad para la que se destine el agua.
- Es esencial llevar a cabo un tratamiento de aguas residuales antes de su descarga en los cuerpos de agua dulce, cumpliendo con los requisitos establecidos en el "Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos" (Acuerdo Gubernativo 236-2006), en particular la etapa 4 de dicho reglamento.
- Se recomienda implementar las medidas pertinentes por parte de entidades como CONRED, ministerios competentes y municipalidades, para abordar cualquier situación relacionada con la calidad del agua y su gestión adecuada.



Figura 11

Punto de monitoreo Puente Polochic, Santa Catalina la Tinta, Alta Verapaz.

8. Anexos

Tabla 3

Lugares de toma de muestra para evaluación de calidad de agua superficial

No.	Punto de monitoreo	Municipio	Departamento	Río, Lago, Laguna	Cuenca	Latitud	Longitud
1	El Portezuelo	San Rafael Las Flores	Santa Rosa	Laguna de Ayarza	Río Los Esclavos	14.4338	-90.1364
2	Laguna El Pino	Barberena	Santa Rosa	Laguna El Pino	Río Los Esclavos	14.3432	-90.3969
3	Sajbiná	San Lucas Tolimán	Chimaltenango	Madre Vieja	Río Madre Vieja	14.5560	-91.1136
4	Patulul	Patulul	Suchitepéquez	Madre Vieja	Río Madre Vieja	14.4377	-91.1542
5	Montecristo	Chicacao	Suchitepéquez	Cutzán	Río Nahualate	14.4806	-91.3582
6	San Miguel Mocá	San José El Ídolo	Suchitepéquez	Nahualate	Río Nahualate	14.4606	-91.3737
7	Puente Coyolate	Patulul	Suchitepéquez	Coyolate	Río Coyolate	14.3767	-91.1369
8	Cenizas II	Escuintla	Escuintla	Cenizas	Río Achiguate	14.2733	-90.8985
9	Laguna Lachuá	Cobán	Alta Verapaz	Laguna Lachua	Río Salinas	15.9246	-90.6641
10	Yulquisís	Barillas	Huehuetenango	Ixcán	Río Ixcán	15.9524	-91.1214
11	San Luis Ixcán	Ixcán	Quiché	Xaclbal	Río Xaclbal	15.9258	-90.9592
12	Playa Grande	Ixcán	Quiché	Chixoy	Río Salinas	15.9681	-90.7497
13	Santa Cruz	Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	Cahabón	Río Cahabón	15.3720	-90.4383
14	Bocatoma	Chicaman	Quiché	Chixoy	Río Salinas	15.2786	-90.4963
15	Panajax I	Chuarrancho	Guatemala	Motagua	Río Motagua	14.9035	-90.4342
16	Panajax II	Salama	Baja Verapaz	Motagua	Río Motagua	14.8735	-90.3918
17	Matucuy	Panzós	Alta Verapaz	Matanzas	Río Polochic	15.2988	-89.8881
18	Telemán	Panzós	Alta Verapaz	Polochic	Río Polochic	15.3355	-89.7337
19	Cahaboncito	El Estor	Izabal	Cahabón	Río Cahabón	15.4594	-89.5497
20	Río Dulce	Livingston	Izabal	Río Dulce	Lago de Izabal-río Dulce	15.6557	-88.9979
21	Modesto Méndez	Livingston	Izabal	Gracias a Dios	Río Sarstún	15.8971	-89.2300
22	San Pedro Cadenas	San Luis	Petén	San Pedro	Río Sarstún	15.9472	-89.2447
23	Puente Frontera El Corinto	Puerto Barrios	Izabal	Motagua	Río Motagua	15.6344	-88.4064
24	Morales	Morales	Izabal	Motagua	Río Motagua	15.4735	-88.8249
25	Mariscos	Los Amates	Izabal	Lago de Izabal	Lago de Izabal	15.4278	-89.0789
26	Gualán	Gualán	Zacapa	Motagua	Río Motagua	15.1167	-89.3568

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS HÍDRICOS

SECCIÓN DE CALIDAD DE AGUA Y AIRE

No.	Punto de monitoreo	Municipio	Departamento	Río, Lago, Laguna	Cuenca	Latitud	Longitud
27	Puente Chetumal	San Agustín Acasaguastlán	El Progreso	Motagua	Río Motagua	14.9194	-90.0188
28	El Quetzalito	Puerto Barrios	Izabal	Motagua	Río Motagua	15.7269	-88.2891
29	Puente Polochic	Santa Catalina la Tinta	Alta Verapaz	Polochic	Río Polochic	15.3036	-89.8870
30	Castillo de San Felipe	Livingston	Izabal	Lago de Izabal	Lago de Izabal	15.6339	-88.9992
31	Las Conchas	Chahal	Alta Verapaz	Chiyú	Río Sarstún	15.8534	-89.4616
32	Laguna Calderas	Amatitlán	Guatemala	Laguna de Calderas	Río María Linda	14.4121	-90.5908
33	Petapilla	Chiquimula	Chiquimula	San José	Río Grande de Zacapa	14.8352	-89.5043
34	Agua Caliente II	Esquipulas	Chiquimula	Olopa	Río Olopa	14.5661	-89.2899
35	Vado Hondo	Chiquimula	Chiquimula	Shutaque	Río Grande de Zacapa	14.7314	-89.5041
36	Camotán	Jocotán	Chiquimula	Camotán	Río Grande de Zacapa	14.8228	-89.3728
37	Laguna de Ipala	Agua Blanca	Jutiapa	Laguna de Ipala	Río Grande de Zacapa	14.5534	-89.6440
38	Lago de Güija	Asunción Mita	Jutiapa	Lago de Güija	Río Ostúa Güija	14.2367	-89.5224
39	Las Cruces	Asunción Mita	Jutiapa	Ostúa	Río Ostúa Güija	14.3169	-89.6230
40	Las Lechuzas	Asunción Mita	Jutiapa	Ostúa	Río Ostúa Güija	14.3544	-89.7130
41	Quesada	Quesada	Jutiapa	Paz	Río Paz	14.2294	-89.9633
42	El Jobo	Jalpatagua	Jutiapa	Paz	Río Paz	14.0175	-89.9070
43	Plan de Ávila	Cuilapa	Santa Rosa	Los Esclavos	Río Los Esclavos	14.2121	-90.3410
44	Cueva de Andá Mirá	Jalpatagua	Jutiapa	Río Pululá	Río Paz	14.0606	-89.9422
45	Laguna Brava/Yolnabaj	Nentón	Huehuetenango	Laguna Yolnabaj	Río Pojom	16.0289	-91.5784
46	Nentón	Nentón	Huehuetenango	Nentón	Río Nentón	15.8000	-91.7572
47	Chojil	Santa Ana Huista	Huehuetenango	Selegua	Río Selegua	15.7073	-91.9178
48	La Laguna	Santa Ana Huista	Huehuetenango	Azul	Río Nentón	15.7613	-91.8440
49	Río Azul	Jacaltenango	Huehuetenango	Azul	Río Nentón	15.6656	-91.6944
50	Xemal	Colotenango	Huehuetenango	Selegua	Río Selegua	15.4069	-91.7033
51	Puente Chimaché	Joyabaj	Quiché	Motagua	Río Motagua	14.9379	-90.9959
52	Quisil	San Juan Ixcay	Huehuetenango	Río Quisil	Río Ixcán	15.5701	-91.4222
53	Puente Río Negro	Huehuetenango	Huehuetenango	Río Chixoy	Río Salinas	15.2686	-91.3259
54	La Gomera	La Gomera	Escuintla	Acomé	Río Acomé	14.0983	-91.0507
55	Guacamayas III	Guanagazapa	Escuintla	María Linda	Río María Linda	14.1306	-90.6450
56	El Asintal	El Asintal	Retalhuleu	Nil	Río Ocosito	14.5651	-91.7232

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS HÍDRICOS

SECCIÓN DE CALIDAD DE AGUA Y AIRE

No.	Punto de monitoreo	Municipio	Departamento	Río, Lago, Laguna	Cuenca	Latitud	Longitud
57	Coatepeque	Coatepeque	Quetzaltenango	Naranjo	Río Naranjo	14.7195	-91.8748
58	Pajapita	Pajapita	San Marcos	Nahuatán	Río Naranjo	14.7369	-92.0497
59	Malacatán	Malacatán	San Marcos	Cabúz	Río Suchiate	14.9089	-92.0422
60	Meléndrez II	Pajapita	San Marcos	Meléndrez	Río Naranjo	14.7160	-92.0968
61	Caballo Blanco	Retalhuleu	Retalhuleu	Ocosito	Río Ocosito	14.5001	-91.8499
62	La Máquina	Cuyotenango	Suchitepéquez	Río Sis-Icán	Sis	14.3137	-91.6044
63	La Franja	Cuyotenango	Suchitepéquez	Río Sis-Icán	Icán	14.4129	-91.5493
64	Fuentes Georginas	Zunil	Quetzaltenango	Fuentes Georginas	Río Samalá	14.7486	-91.4795
65	Nacimiento Río Negro	Patzité	Quiché	Río Chixoy	Río Salinas	14.9866	-91.2169
66	Concuá II	Granados	Baja Verapaz	Motagua	Río Motagua	14.8705	-90.5816
67	Xococ	Rabinal	Baja Verapaz	Chicruz	Río Salinas	15.1547	-90.5696
68	Puente Chitomax	Aguacatán	Huehuetenango	Río Negro	Río Salinas	15.2123	-90.6399
69	Cunlaj	Tacaná	San Marcos	Coatán	Río Coatán	15.2181	-92.0900
70	Cuilco	Cuilco	Huehuetenango	Cuilco	Río Cuilco	15.4051	-91.9546
71	Nacimiento río San Juan	Aguacatán	Huehuetenango	San Juan	Río Salinas	15.3520	-91.3044
72	Nacimiento Río Blanco Chiquito	Aguacatán	Huehuetenango	Río Blanco	Río Salinas	15.3518	-91.2735
73	Río Blanco	Sacapulas	Quiché	Blanco	Río Salinas	15.3032	-91.1676
74	Chiché II	Chiché	Quiché	El Arco	Río Motagua	14.9719	-91.1102
75	La Presa	San Antonio Ilotenango	Quiché	Chixoy	Río Salinas	15.0516	-91.2133
76	Sacapulas	Sacapulas	Quiché	Chixoy	Río Salinas	15.2899	-91.0892
77	Tejutla	Tejutla	San Marcos	Cuilco	Río Cuilco	15.1313	-91.8027
78	Puente Bailey	Rabinal	Baja Verapaz	Motagua	Río Motagua	14.8968	-90.6725
79	El Carrizal	Santa Lucía Cotzumalguapa	Escuintla	San Cristóbal	Río Coyolate	14.2049	-91.1346
80	Pantaleón	Santa Lucía Cotzumalguapa	Escuintla	Pantaleón	Río Coyolate	14.2212	-91.1024
81	Laguna de Atescatempa	Atescatempa	Jutiapa	Laguna de Atescatempa	Río Ostúa Güija	14.2197	-89.7045
82	Laguna del Hoyo	Monjas	Jalapa	Laguna del Hoyo	Río Ostúa Güija	14.4652	-89.8921

Fuente: Sección de Calidad de Agua y Aire

Tabla 4

Parámetros de calidad de agua utilizados para cálculo del ISQA

No.	Punto de Monitoreo	Temperatura (°C)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	OD (mg/L)	Conductividad (μS/cm)
1	El Portezuelo	24	21	5	5.195	1765.5
2	Laguna El Pino	24.9	20.5	5.5	5.245	103
3	Sajbiná	21.1	0	232	6.88	362.8
4	Patulul	27.9	7	76	S.D.	428.6
5	Montecristo	25	32	72	6.66	80.88
6	San Miguel Mocá	26.2	30	149	6.57	97.42
7	Puente Coyolate	25.8	6	45	S.D.	208.3
8	Cenizas II	32.1	27	1172	5.72	139.9
9	Laguna Lachuá	32.6	2	5	5.96	1032
10	Yulquisís	30	3	0	5.9	487.3
11	San Luis Ixcán	30.9	3	9	5.54	382.4
12	Playa Grande	27.8	1	4	6.18	632.7
13	Santa Cruz	24.8	8	15	6.56	344
14	Bocatoma	29.4	11	2	6.14	312.9
15	Panajax I	27.3	10	10	6.1	270.8
16	Panajax II	29.2	11	17	5.42	584.3
17	Matucuy	30.8	15	0	6.05	117.6
18	Telemán	33.9	8	7	6.18	208.6
19	Cahaboncito	31.3	2	55	7.22	385.7
20	Río Dulce	31.8	15	6	5.14	1748
21	Modesto Méndez	32.1	7	0	5.51	501.1
22	San Pedro Cadenas	30.3	0	1	6.1	497.9
23	Puente Frontera El Corinto	32.4	14	59	5.2	302.9
24	Morales	32.8	40	16	5.27	344.5
25	Mariscos	31.6	21	20	5.39	278.3
26	Gualán	31.3	30	23	4.68	501.1
27	Puente Chetumal	35.5	35	62	2.04	469.6
28	El Quetzalito	33.1	22	56	4.39	638.5
29	Puente Polochic	32.8	2	5	6.67	235.9
30	Castillo de San Felipe	30.8	17	14	4.97	550.6
31	Las Conchas	30.6	0	0	5.70	700.2
32	Laguna Calderas	24.1	6	7	5.15	363.1
33	Petapilla	35.4	10	99	3.34	792.1
34	Agua Caliente II	28.2	23	126	2.49	326.6

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS HÍDRICOS

SECCIÓN DE CALIDAD DE AGUA Y AIRE

No.	Punto de Monitoreo	Temperatura (°C)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	OD (mg/L)	Conductividad (μS/cm)
35	Vado Hondo	35.4	26	13	4.42	400.4
36	Camotán	31.1	7	13	3.61	388.2
37	Laguna de Ipala	27.5	19	0	3.89	107
38	Lago de Güija	32.1	15	9	3.66	266.2
39	Las Cruces	29.9	9	8	2.57	532.3
40	Las Lechuzas	32	16	6	4.72	323.8
41	Quesada	34.8	17	11	5.32	241.2
42	El Jobo	29.1	27.0	47.7	4.5	462.9
43	Plan de Ávila	27.5	27.0	179.0	4.1	274.8
44	Cueva de Andá Mirá	30.2	15.0	1.3	3.7	244.5
45	Laguna Brava/Yolnabaj	29.7	2	0	1.97	440.1
46	Nentón	27.2	21	12	2.05	561.1
47	Chojil	29	51	291	2.26	449.3
48	La Laguna	24.7	36	9	2.73	435.4
49	Rio Azul	20.4	0	5	2.66	373.3
50	Xemal	27.2	17	78	2.29	534
51	Puente Chimaché	25.3	8	15	2.1	155.4
52	Quisil	16.9	23	0	1.69	277.3
53	Puente Río Negro	26.8	2	178	1.87	194.3
54	La Gomera	30.3	33	15	1.54	349.5
55	Guacamayas III	32.2	21	18	1.86	340.6
56	El Asintal	28	8	253	6.67	110.9
57	Coatepeque	27.6	15	49	5.49	165.8
58	Pajapita	30.3	28	33	5.59	76.86
59	Malacatán	28.5	40	25	6.27	163.5
60	Meléndrez II	33.1	14	26	7.34	86.13
61	Caballo Blanco	32	5	13	2.89	177.5
62	La Máquina	29.6	12	75	5.7	225.9
63	La Franja	31.1	9	34	5.56	158.4
64	Fuentes Georginas	45.7	34	0	2.35	3.854
65	Nacimiento Río Negro	23.1	42	0	7.01	200.5
66	Concuá II	29.5	64	158	6.98	278.9
67	Xococ	27.8	34	59	6.29	195.7
68	Puente Chitomax	29.1	36	164	6.97	406.5
69	Cunlaj	16.6	19	3	4.81	54.11
70	Cuilco	24.3	25	114	5.43	148.6

No.	Punto de Monitoreo	Temperatura (°C)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	OD (mg/L)	Conductividad (μS/cm)
71	Nacimiento río San Juan	18.1	46	8	5.06	411.6
72	Nacimiento Río Blanco Chiquito	17.6	17	2	5.82	369.2
73	Río Blanco	19.6	23	308	5.98	446.2
74	Chiché II	18.6	31	57	6.97	115.2
75	La Presa	20	30	75	5.16	112
76	Sacapulas	20.4	22	409	6.91	308.4
77	Tejutla	14.9	39	81	5.81	125.7
78	Puente Bailey	24.5	30	108	6.77	204.5
79	El Carrizal	28.5	10	194	6.33	129.4
80	Pantaleón	31.4	24	254	5.59	253.9
81	Laguna de Atescatempa	28.8	38	7	6.08	222.2
82	Laguna del Hoyo	29.7	29	25	7.8	111.8

Fuente: Sección de Calidad de Agua y Aire



Figura 12
 Punto de monitoreo San Pedro Cadenas, San Luis, Petén

Tabla 5

Valor del ISQA, clasificación y alternativas de uso de los cuerpos de agua.

No.	Punto de Monitoreo	ISQA	Clasificación	Todos los usos	La mayoría de usos	Riego e industria (restringidos)	Riego restringido y vigilado (tratamiento obligatorio)	Su uso es inadmisiblemente peligroso
1	El Portezuelo	54	Intermedia			✓		
2	Laguna El Pino	71	Buena		✓			
3	Sajbiná	63	Buena		✓			
4	Patulul	69	Buena		✓			
5	Montecristo	63	Buena		✓			
6	San Miguel Mocá	54	Intermedia			✓		
7	Puente Coyolate	81	Buena		✓			
8	Cenizas II	41	Mala				✓	
9	Laguna Lachuá	64	Buena		✓			
10	Yulquisís	71	Buena		✓			
11	San Luis Ixcán	69	Buena		✓			
12	Playa Grande	73	Buena		✓			
13	Santa Cruz	73	Buena		✓			
14	Bocatoma	65	Buena		✓			
15	Panajax I	70	Buena		✓			
16	Panajax II	58	Intermedia			✓		
17	Matucuy	69	Buena		✓			
18	Telemán	67	Buena		✓			
19	Cahaboncito	67	Buena		✓			
20	Río Dulce	50	Intermedia			✓		
21	Modesto Méndez	64	Buena		✓			
22	San Pedro Cadenas	73	Buena		✓			
23	Puente Frontera El Corinto	53	Intermedia			✓		
24	Morales	50	Intermedia			✓		
25	Mariscos	57	Intermedia			✓		
26	Gualán	49	Intermedia			✓		
27	Puente Chetumal	35	Mala				✓	
28	El Quetzalito	44	Mala				✓	
29	Puente Polochic	74	Buena		✓			
30	Castillo de San Felipe	55	Intermedia			✓		
31	Las Conchas	70	Buena		✓			

No.	Punto de Monitoreo	ISQA	Clasificación	Todos los usos	La mayoría de usos	Riego e industria (restringidos)	Riego restringido y vigilado (tratamiento obligatorio)	Su uso es inadmisiblemente peligroso
32	Laguna Calderas	73	Buena		✓			
33	Petapilla	40	Mala				✓	
34	Agua Caliente II	40	Mala				✓	
35	Vado Hondo	50	Intermedia			✓		
36	Camotán	61	Buena		✓			
37	Laguna de Ipala	66	Buena		✓			
38	Lago de Güija	57	Intermedia			✓		
39	Las Cruces	57	Intermedia			✓		
40	Las Lechuzas	58	Intermedia			✓		
41	Quesada	57	Intermedia			✓		
42	El Jobo	49	Intermedia			✓		
43	Plan de Ávila	40	Mala				✓	
44	Cueva de Andá Mirá	60	Intermedia			✓		
45	Laguna Brava/Yolnabaj	64	Buena		✓			
46	Nentón	50	Intermedia			✓		
47	Chojil	21	Peligrosa					✓
48	La Laguna	51	Intermedia			✓		
49	Rio Azul	76	Buena		✓			
50	Xemal	43	Mala				✓	
51	Puente Chimaché	67	Buena		✓			
52	Quisil	60	Intermedia			✓		
53	Puente Río Negro	53	Intermedia			✓		
54	La Gomera	46	Intermedia			✓		
55	Guacamayas III	48	Intermedia			✓		
56	El Asintal	56	Intermedia			✓		
57	Coatepeque	62	Buena		✓			
58	Pajapita	62	Buena		✓			
59	Malacatán	58	Intermedia			✓		
60	Meléndrez II	68	Buena		✓			
61	Caballo Blanco	65	Buena		✓			
62	La Máquina	56	Intermedia			✓		
63	La Franja	66	Buena		✓			
64	Fuentes Georginas	59	Intermedia			✓		

No.	Punto de Monitoreo	ISQA	Clasificación	Todos los usos	La mayoría de usos	Riego e industria (restringidos)	Riego restringido y vigilado (tratamiento obligatorio)	Su uso es inadmisiblemente peligroso
65	Nacimiento Río Negro	66	Buena		✓			
66	Concuá II	36	Mala				✓	
67	Xococ	55	Intermedia			✓		
68	Puente Chitomax	41	Mala				✓	
69	Cunlaj	80	Buena		✓			
70	Cuilco	54	Intermedia			✓		
71	Nacimiento río San Juan	57	Intermedia			✓		
72	Nacimiento Río Blanco Chiquito	70	Buena		✓			
73	Río Blanco	43	Mala				✓	
74	Chiché II	68	Buena		✓			
75	La Presa	61	Buena		✓			
76	Sacapulas	47	Intermedia			✓		
77	Tejutla	58	Intermedia			✓		
78	Puente Bailey	54	Intermedia			✓		
79	El Carrizal	56	Intermedia			✓		
80	Pantaleón	39	Mala				✓	
81	Laguna de Atescatempa	59	Intermedia			✓		
82	Laguna del Hoyo	66	Buena		✓			

Fuente: Sección de Calidad de Agua y Aire

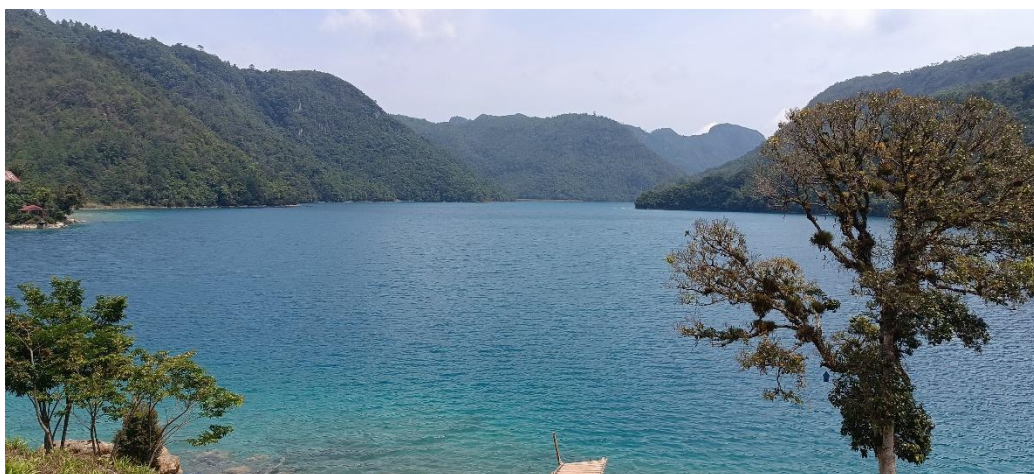


Figura 13
 Punto de monitoreo Laguna Brava, Nentón, Huehuetenango

9. Referencias bibliográficas

1. Alicorp. (s.f.). *Manual de Crianza Tilapia*. Argentina. Nicovita.
2. Gobierno de El Salvador. (2007). *Índice de Calidad del Agua General "ICA"*. El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET].
3. Gobierno de Guatemala. (2013). *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001, Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones. Primera revisión*. Guatemala: Ministerio de Economía, Comisión Guatemalteca de Normas.
4. Gobierno de Guatemala. (2013). *Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG/ISO 5667-6, Calidad del agua – Muestreo. Parte 6: Directrices para el muestreo de ríos y arroyos*. Guatemala: Ministerio de Economía, Comisión Guatemalteca de Normas.
5. Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2003). *Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1 Coastal and Fresh Waters*. Geneva, Suiza: Autor.
6. Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2 Swimming Pools and Similar Environments*. Geneva, Suiza: Autor.
7. Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021) *Guidelines on Recreational Water Quality. Volume 1 Coastal and Fresh Waters*. Geneva, Suiza: Autor.
8. Rice E., Baird R., Eaton A. y Clesceri L. (2012). *Estándar Methods: For the Examination of Water and Wastewater*. (22nd edition). Washington, United States of American: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
9. Torres P., Cruz C. y Patiño P. (2008). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*, 8 (15), 86-91.
10. Universidad Internacional de Riego. (2017) *Calidad del Agua de Riego*. Recuperado de <https://www.universidadderiego.com/calidad-del-agua-de-riego/>