



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Reporte anual de calidad de agua: **laguna El Jocotal**



Año 2018



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Reporte anual de calidad de agua:
laguna El Jocotal

Año 2018

Reporte anual de calidad de agua: laguna El Jocotal. Año 2018

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Fernando Andrés López Larreynaga
Ministro

Miguel Gallardo
Director General de Ecosistemas y Vida Silvestre *ai*

Coordinación
Jaime Javier Espinoza Navarrete, jefe de Unidad de Humedales
Koji Asano, jefe de Equipo de Expertos de JICA

Elaboración
Yukio Nagahama, especialista en Manejo de Humedales y Educación Ambiental
Leticia Andino, consultora local del Proyecto Humedales MARN- JICA

Revisión técnica
Georgina Mariona, técnica de Unidad de Humedales del MARN

Edición y diseño
Unidad de Comunicaciones del MARN

Primera edición
Septiembre, 2019

El Reporte fue financiado y elaborado por MARN-JICA en el marco del: *“Proyecto para el Manejo Integral de los Humedales en las lagunas de Olomega y El Jocotal”*.

Este documento puede ser reproducido todo o en parte, reconociendo los derechos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
Kilómetro 5 ½ carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes, Edificios MARN, instalaciones ISTA, San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Tel: (503) 2132-6276

Sitio web: www.marn.gob.sv

Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv

Facebook: www.facebook.com/marn.gob.sv

Twitter: @MedioAmbienteSV

Youtube: youtube.com/marnsv

Instagram: [/marn_elsalvador](https://www.instagram.com/marn_elsalvador)

Contenido

Listado de Tablas	4
Listado de Figuras	5
Siglas y acrónimos	5
Abreviatura	6
Simbología y fórmulas	6
Introducción	8
Metodología de trabajo	9
Resultados de calidad de agua de la laguna El Jocotal	15
Resumen de los resultados de parámetros bimensuales	23
Resultados de los análisis de agua en laboratorio	25
Conclusiones	28
Referencias bibliográficas	29

Listado de Tablas

Tabla 1	Sitios de muestreo de calidad de agua en la laguna El Jocotal.
Tabla 2	Parámetros monitoreados bimensualmente en la laguna El Jocotal.
Tabla 3	Parámetros medidos en el análisis de laboratorio de las muestras de agua en la laguna El Jocotal cada seis meses.
Tabla 4	Parámetros y valores guía para conocer los rangos aceptables de aptitud de agua para riego sin restricciones.
Tabla 5	Parámetros y valores guía para conocer los rangos aceptables de aptitud de agua para recreación con contacto directo.
Tabla 6	Parámetros y valores guía para conocer los rangos aceptables de consumo de especies de producción animal.
Tabla 7	Registro de pH por cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.
Tabla 8	Registro de temperatura en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.
Tabla 9	Registro de conductividad en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.
Tabla 10	Registro de transparencia en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.

Tabla 11	Registro de OD en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.
Tabla 12	Registro de Clorofila en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.
Tabla 13	Registro de turbidez en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.
Tabla 14	Resumen de los resultados de los parámetros muestreados en la laguna El Jocotal y los valores guía establecidos para cada aptitud de uso de agua.
Tabla 15	Resultados de los análisis de laboratorio para las muestras de agua de la laguna El Jocotal (octubre 2017 y agosto 2018).

Listado de Figuras

Figura 1	Área Natural Protegida laguna El Jocotal.
Figura 2	Sitios de muestreo para la evaluación de la calidad de agua en la laguna El Jocotal.
Figura 3	pH por sitio y mes en la laguna El Jocotal.
Figura 4	Temperatura por sitio y mes en la laguna El Jocotal.
Figura 5	Conductividad por sitio y mes en la laguna El Jocotal.
Figura 6	Transparencia por sitio y mes en la laguna El Jocotal.
Figura 7	Oxígeno Disuelto por sitio y mes en la laguna El Jocotal.
Figura 8	Clorofila por sitio y mes en la laguna El Jocotal.
Figura 9	Turbidez por sitio y mes en la laguna El Jocotal.

Siglas y acrónimos

ANP	Área Natural Protegida
CCME	<i>Canadian Council of Minister of the Environment</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FUSADES	Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social

JICA	<i>Japan International Cooperation Agency</i>
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MINAM	Ministerio del Ambiente
US EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

Abreviatura

Etc.	Etcétera
------	----------

Simbología y fórmulas

$\leq$	Menor o igual que
$\geq$	Mayor o igual que
$<$	Menor que
%	Porcentaje
$\frac{1}{2}$	Medio
°C	Centígrado
Al	Aluminio
As	Arsénico
B	Boro
$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	Clorofila
C	Carbono
Cl-	Cloruros
cm	Centímetro
Cd	Cadmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Fe	Hierro
ha	Hectárea
H_2SO_4	Ácido sulfúrico

HCO ₃ ⁻	Bicarbonatos
Hg	Mercurio
km	Kilómetro
Mg	Magnesio
mg/L	Miligramo por litro
ml	Mililitro
Mn	Manganeso
N°	Número
N	Nitrógeno
ND	No Detectable
Ni	Níquel
NO ₂ ⁻	Nitritos
NO ₂ -N	Nitrógeno de Nitritos
NO ₃ ⁻	Nitratos
OD	Oxígeno Disuelto
µg/L	Microgramo por litro
Pb	Plomo
pH	Potencial de Hidrógeno
PO ₄ ³⁻	Fosfatos
NMP	Número Más Probable
RAS	Relación de Adsorción de Sodio
UNT	Unidad Nefelométrica de Turbidez
uS/cm	MicroSiemens por centímetro
Zn	Zinc

Introducción

El humedal Área Natural Protegida (ANP) Laguna El Jocotal, aproximadamente a 120 km de San Salvador, se ubica en el extremo nororiental de la Planicie Costera Central, dentro de los municipios: El Tránsito, San Miguel, Chirilagua y Jucuarán. La cordillera de Jucuarán se ubica al sur del humedal, mientras que al norte se encuentra el volcán de San Miguel. Al este y oeste, la gran planicie costera. Al sur también se encuentra el río Grande de San Miguel, que en numerosas precipitaciones intensas confluye por el este. La laguna presenta un área de 4479 hectáreas (ha), que incluye las 200 ha de la laguna de San Juan (MARN, 2017).



Figura 1. Área Natural Protegida laguna El Jocotal

Fuente: Proyecto MARN- JICA

El humedal está caracterizado por vegetación flotante y sumergida, así como, por bosque de inundación en su entorno. También forman parte, las lavas del volcán de San Miguel, en el sector este, sur y oeste donde existen zonas de inundación de la laguna. Dicho humedal fue declarado sitio Ramsar¹ el 22 de enero de 1999 y, fue el primero, en ser declarado con esta categoría de importancia internacional en el país (MARN, 2017).

En el marco del Proyecto MARN- JICA denominado: *Proyecto para el Manejo Integral de los Humedales en las lagunas de Olomega y El Jocotal*, se está implementando en las lagunas Olomega y El Jocotal un monitoreo de calidad de agua. Este monitoreo es una herramienta fundamental que permite evaluar tendencias temporales y espaciales de la calidad del recurso agua. La información generada es un insumo al momento de implementar acciones de manejo que eviten que la degradación del recurso continúe o se incremente.

En este Reporte anual, se dan a conocer los resultados obtenidos de los monitoreos de calidad de agua en el Área Natural Protegida, laguna El Jocotal que abarca desde octubre 2017 hasta diciembre 2018. De igual forma, se incluyen algunos análisis de los gráficos por cada uno de los parámetros medidos en los sitios de muestreo.

¹ Convenio relativo a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. La Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), es la depositaria del tratado intergubernamental, aprobado el 2 de febrero de 1971, en la ciudad iraní de Ramsar, en vigencia desde 1975.

Metodología de trabajo

Sitios de muestreo

En el inicio del monitoreo de agua en la laguna El Jocotal, en octubre de 2017, se habían establecido 10 estaciones de muestreo. Sin embargo, a partir de agosto de 2018, el monitoreo se dejó solamente para cinco estaciones. A continuación, se detalla la ubicación geográfica de estos sitios de muestreo y, más adelante, se detallan los resultados obtenidos para dichos sitios.

Tabla 1

Sitios de muestreo de calidad de agua en la laguna El Jocotal

Nº	Sitio de muestreo	Ubicación	Coordenadas norte	Coordenadas noroeste
1	Rincón de Puerto Viejo	Se encuentra a aproximadamente 2.3 km desde el embarcadero en dirección sureste.	13.329280	88.242162
2	Rincón del Guayabo	Está ubicado a medio kilómetro antes de llegar a Puerto Viejo, siempre en dirección sureste.	13.336732	88.244093
3	Poza Azul	Poza azul está a casi 1 km en dirección oeste desde el embarcadero.	13.344057	88.251762
4	Agua Clara	Este punto se encuentra entre Poza Azul y Malecón.	13.344293	88.248487
5	Malecón	En la orilla de la laguna, a 20 metros dirección oeste del embarcadero. Es posible llegar caminando.	13.346475	88.246837

Fuente: Proyecto MARN- JICA

A continuación, se muestra el mapa de ubicación de los sitios de muestreo en la laguna El Jocotal:

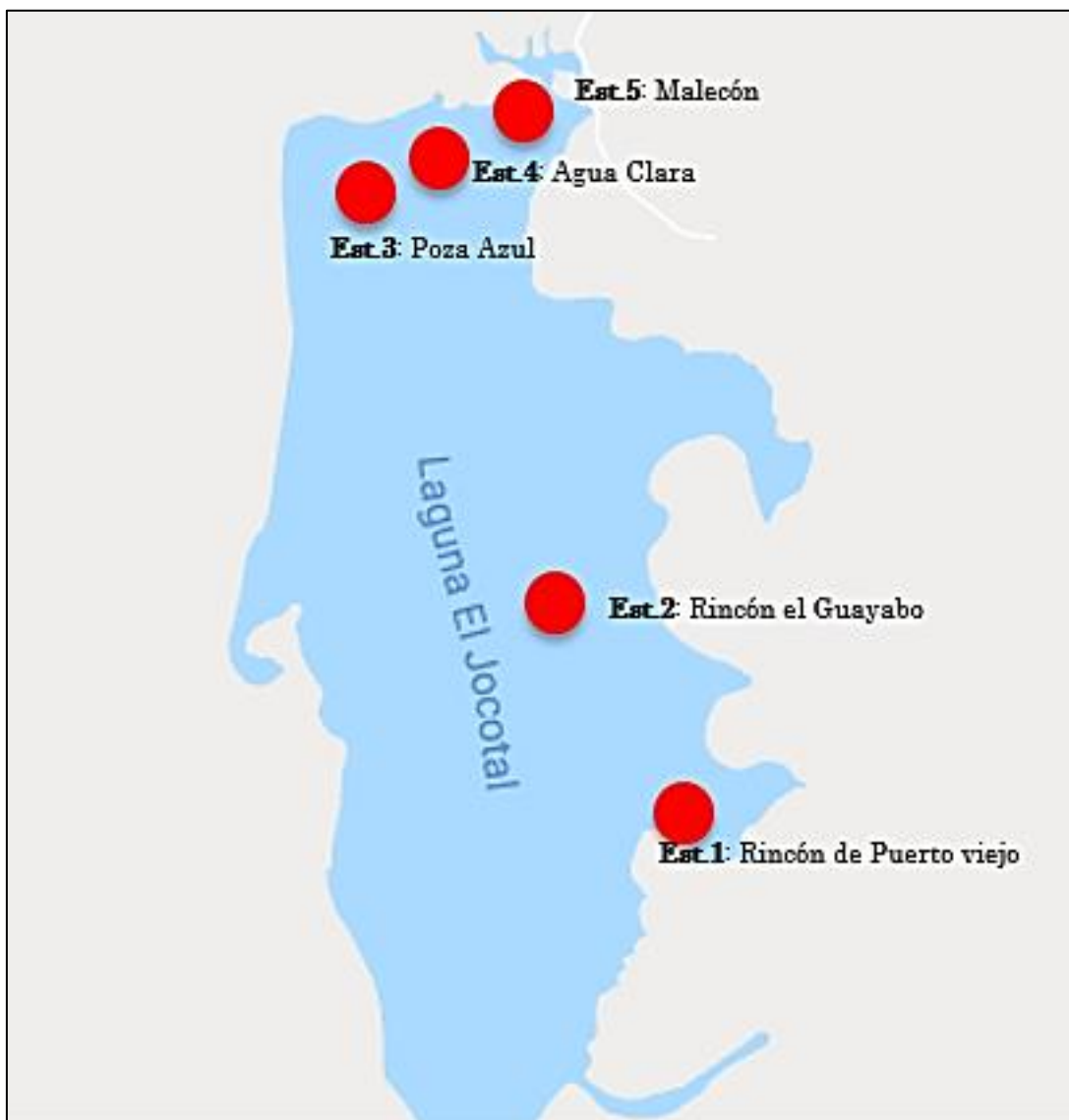


Figura 2. Sitios de muestreo para la evaluación de la calidad de agua en la laguna El Jocotal

Nota: Est.: estación

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Trabajo de campo

El monitoreo de calidad de agua fue desarrollado cada dos meses desde octubre de 2017 hasta diciembre de 2018. Un proceso de ocho meses, dos en 2017 (octubre y diciembre); y seis meses en el 2018 (febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre). A continuación, se muestran los parámetros monitoreados (Tabla 2).

Tabla 2

Parámetros monitoreados bimensualmente en la laguna El Jocotal

Parámetros	Unidades
Temperatura de agua	°C
pH	Potencial de Hidrógeno
Conductividad	uS/cm
Salinidad	%
Transparencia de agua	cm
Oxígeno Disuelto (mg/L)	mg/L
Clorofila (C ₅₅ H ₇₂ O ₅ N ₄ Mg)	µg/L
Turbidez	UNT

Nota: °C: centígrado; mg/L: miligramo por litro; %: porcentaje; UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Además, cada seis meses se realizó la toma de muestras de agua para los análisis de laboratorio, específicamente en el mes de octubre de 2017 y agosto de 2018. A continuación, se describen los parámetros y el método de la toma de muestra de agua (Tabla 3).

Tabla 3

Parámetros medidos en el análisis de laboratorio de las muestras de agua en la laguna El Jocotal cada seis meses

Parámetro	Volumen	Tipo de botella	Nota*
DBO (cinco días)	1 litro	Plástica	Botella de doble tapón, distribuido por la empresa Salvaplastic SA de CV. Tel. 2511-3400
Carbonatos, Bicarbonatos, Fosfatos, Nitrógeno Amoniacal, Nitritos y Nitratos	1 litro	Plástica	La cantidad de un litro a recolectar, aplica para seis muestras; los recipientes plásticos son distribuidos por la empresa Salvaplastic SA de CV.
Fósforo total	½ litro	Plástica	Con preservante de H ₂ SO ₄ (el frasco debe de llevarse un día antes al laboratorio MARN para que le adicionen el ácido)
Coliformes fecales	Bolsa de 500 ml	Plástica	La unidad y paquetes de 10 unidades de la bolsa plástica es distribuida por la empresa Electrolab Medic SA de CV
Mercurio	1 litro	Plástica	Será llevado a laboratorio externo de FUSADES, quienes proveen el recipiente, que es incluido en el costo del análisis. Puede ser entregado en botella plástica de 1 litro. Para el año 2018, el laboratorio del MARN realizará los análisis. Tel. 2132-9672.

Notas: DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno; H₂SO₄: ácido sulfurico; FUSADES: Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social; MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

* Las normas de calidad de agua que se toman como parámetros para conocer si los resultados están dentro de rangos aceptables de aptitud de agua para: riego sin restricciones, recreación con contacto directo y para consumo de especies de producción animal, no son las oficiales a escala nacional, sino que esta normativa es en la que se basa el Proyecto MARN- JICA.

Fuente: Proyecto MARN- JICA

En las Tablas 4, 5 y 6 se presentan los valores guía con los rangos aceptables de aptitud para los diferentes usos del agua. Sin embargo, los que están sombreados en color gris son los parámetros medidos en el monitoreo de calidad de agua en el Proyecto MARN- JICA.

Tabla 4

Parámetros y valores guía para conocer los rangos aceptables de aptitud de agua para riego sin restricciones

Parámetro	Unidades	Valor Guía		Fuente
Aluminio (AL)	mg/L	≤	5	FAO
Arsénico (As)	mg/L	≤	0.1	FAO
Boro (B)	mg/L	≤	0.7	FAO
Cadmio (Cd)	mg/L	≤	0.01	FAO
Cobre (Cu)	mg/L	≤	0.2	FAO
Cromo (Cr)	mg/L	≤	0.1	FAO
Hierro (Fe)	mg/L	≤	5	FAO
Manganeso (Mn)	mg/L	≤	0.2	FAO
Níquel (Ni)	mg/L	≤	0.2	FAO
Plomo (Pb)	mg/L	≤	5	FAO
Zinc (Zn)	mg/L	≤	2	FAO
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mg/L	≤	91.525	FAO
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	≤	142	FAO
Coliformes fecales	NMP/100 ml	≤	1000	Ley Federal de Aguas (Mexico)
Conductividad	(uS/cm)	≤	700	FAO
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	≤	5	FAO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	≤	6.5 a 8.4	FAO
RAS	unidades	≤	9	FAO
Sólidos disueltos totales	mg/L	≤	450	FAO

Nota: mg/L: miligramo por litro; uS/cm: microSiemens por centímetro; FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por su sigla en inglés); NMP: Número Más Probable; RAS: Relación de Adsorción de Sodio

Fuente: FAO

Tabla 5

Parámetros y valores guía para conocer los rangos aceptables de aptitud de agua para recreación con contacto directo

Parámetro	Unidades	Valor guía		Fuente
Aceites y grasas	mg/L	≤	5	US EPA
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<	200	US EPA
Disco Secchi*	metros	≤	1.2	US EPA, CCME
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥	5	DS N° 015-2015 MINAM-Perú
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH		6 a 9	DS N° 015-2015 MINAM-Perú
Turbiedad**	UNT	≤	50	US EPA, CCME

Nota: * sólo en lagos; ** sólo en ríos; NMP: Número Más Probable; mg/L: miligramos por litro; ml: mililitros; MINAM: Ministerio del Ambiente; US EPA: *United States Environmental Protection Agency*; CCME: *Canadian Council of Ministers of the Environment*; ≤ menor o igual que; < menor que; ≥ mayor o igual que

Fuente: EPA-CCME-MINAM

Tabla 6

Parámetros y valores guía para conocer los rangos aceptables de consumo de especies de producción animal

Parámetro	Unidades	Valor guía		Fuente
Aluminio (Al)	mg/L	<	5	FAO
Arsénico (Ar)	mg/L	<	0.2	FAO
Boro (B)	mg/L	<	5	FAO
Cadmio (Cd)	mg/L	<	0.05	FAO
Cobre (Cu)	mg/L	<	0.5	FAO
Cromo (Cr)	mg/L	<	1	FAO
Manganeso (Mn)	mg/L	<	0.05	FAO
Mercurio (Hg)	mg/L	<	0.01	FAO
Plomo (Pb)	mg/L	<	0.1	FAO
Zinc (Zn)	mg/L	<	24	FAO
Conductividad	(uS/cm)	<	1500	FAO
Magnesio (Mg)	mg/L	≤	250	FAO
Nitritos (NO ₂)	mg/L	≤	10	FAO

Nota: FAO: Organización de Naciones Unidas para la Alimentación (por su sigla en inglés); mg/L: miligramo por litro; uS/cm: microSiemens por centímetro.

Fuente: FAO

Resultados de calidad de agua de la laguna El Jocotal

pH: el promedio en la laguna El Jocotal es de 7.12 unidades de pH. Los promedios por mes oscilaron entre 6.20 a 7.92, siendo el más bajo en el mes octubre de 2018 y el más alto en el mes de diciembre de 2017. Por otro lado, al comparar el pH entre los siete sitios, los promedios oscilaron entre 6.83 a 7.25, siendo el más bajo en el Malecón; y el más alto, en Agua Clara y Rincón de Puerto Viejo. Solamente en el mes de octubre de 2018 se registró uno de los valores más bajos de pH en Rincón de Puerto Viejo, con 5.25/unidades de pH (Tabla 7 y Figura 3).

Tabla 7

Registro de pH por cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal

pH	Agua Clara	Malecón	Poza Azul	Rincón de Puerto Viejo	Rincón del Guayabo	Promedios mensuales
Valor guía	6-9 (recreación con contacto directo) y ≤ 6.5 a 8.4 (riego sin restricciones)					
24-oct-2017	7.42	7.12	7.66	7.19	7.28	7.33
05-dic-2017	7.86	7.2	7.74	8.48	8.34	7.92
26-feb-2018	8.22	6.95	7.94	7.47	5.58	7.23
18-abr-2018	7.15			8.53	7.33	7.67
28-jun-2018	6.86	6.76	6.74	6.75	7.42	6.91
22-ago-2018	6.94	6.6	6.92	6.89	7.18	6.91
24-oct-2018	6.53	6.45	6.59	5.25	6.17	6.20
05-dic-2018	7.04	6.75	6.87	7.46	7.16	7.06
Promedios por sitio	7.25	6.83	7.21	7.25	7.06	7.12

Nota: pH; potencial de Hidrógeno; $\leq$ menor o igual que

Fuente: Proyecto MARN- JICA

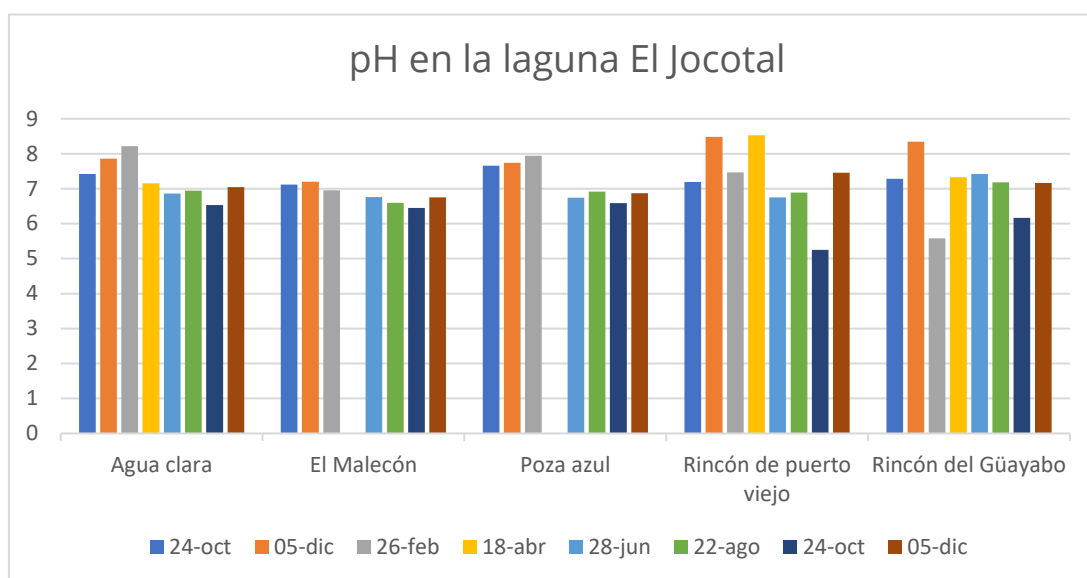


Figura 3. pH por sitio y mes en la laguna El Jocotal

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Temperatura: la laguna El Jocotal tiene un promedio de temperatura de entre 30.12-30 °C. Este parámetro varió por mes y por sitio. De esta manera, se tiene que los promedios por mes oscilaron entre 29.86 °C y 30.62 °C, siendo la temperatura más baja en el mes de febrero y, la más alta en el mes de agosto. Al compararla por sitios, el promedio osciló entre 28.69 °C a 31.01 °C, siendo el más bajo, Rincón de Puerto Viejo; y el más alto, en Agua Clara (Tabla 8 y Figura 4).

Tabla 8

Registro de temperatura en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal

Temperatura	Agua Clara	Malecón	Poza Azul	Rincón de Puerto Viejo	Rincón del Guayabo	Promedios mensuales
24-oct-17						
05-dic-17	29.4	31.7	29.2	28.1	28.7	29.42
26-feb-18	33	30.3	29.5	28.4	28.1	29.86
18-abr-18	31.7			30.1	28.33	30.04
28-jun-18	30.6	30.5	30.4	28.2	30.2	29.98
22-ago-18	31.4	31	31.2	28.1	31.4	30.62
24-oct-18	30.6	30.5	30.4	29	29.3	29.96
05-dic-18	30.4	30.5	29.7	28.9	31.12	30.12
Promedios por sitio	31.01	30.75	30.07	28.69	29.59	30.02

Fuente: Proyecto MARN- JICA

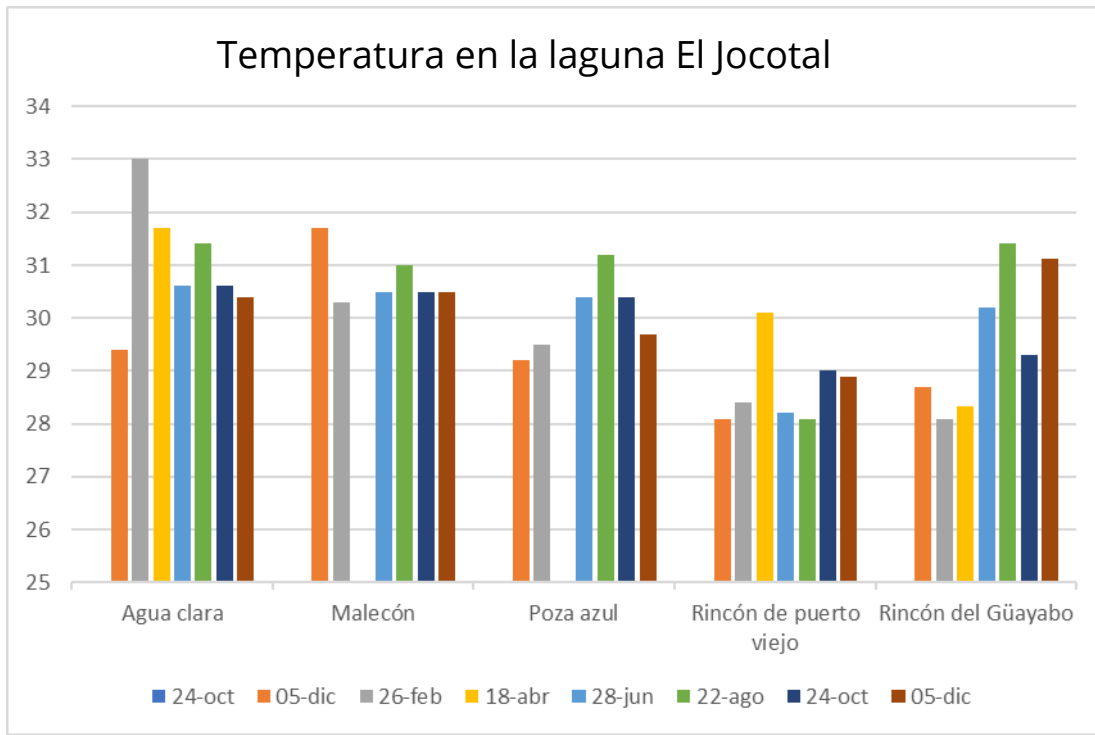


Figura 4. Temperatura por sitio y mes en la laguna El Jocotal
Fuente: Proyecto MARN- JICA

Conductividad: el promedio fue de 54.60 uS/cm. Al analizar los promedios mensuales y por sitios, se obtienen promedios que oscilan entre 44.28 y 63.42 uS/cm, siendo octubre de 2018 el que presentó el promedio más bajo y, diciembre de 2017 el promedio más alto. En cuanto a los sitios, estos oscilan entre 44.03 y 60.11 uS/cm en Rincón de Puerto Viejo y Malecón, respectivamente (Tabla 9 y Figura 5).

Tabla 9

Registro de conductividad en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal

Conductividad (uS/cm)	Agua Clara	Malecón	Poza Azul	Rincón de Puerto Viejo	Rincón del Guayabo	Promedios mensuales
Valor guía	≤ 700 (riego sin restricciones) < 1500 uS/cm (producción animal)					
24-oct-2017	49.33	62.97	39.16	33.71	37.42	44.52
05-dic-2017	67.73	68.55	64.64	58.07	58.09	63.42
26-feb-2018	56.17	56.2	65.07	52.87	56.72	57.41
18-abr-2018	55.49			53.4	57.31	55.40
28-jun-2018	58.8	53.54	63.16	24.81	53.14	50.69
22-ago-2018	60.3	61.04	69.2	48.34	60.02	59.78
24-oct-2018	59.15	60.8	46.88	22.5	32.07	44.28
05-dic-2018	61.67	57.69	59.9	58.51	61.11	59.78
Promedios por sitio	58.58	60.11	58.29	44.03	51.99	54.60

Nota: ≤= menor o igual que; <= menor que; (uS/cm): microSiemens por centímetro

Fuente: Proyecto MARN- JICA

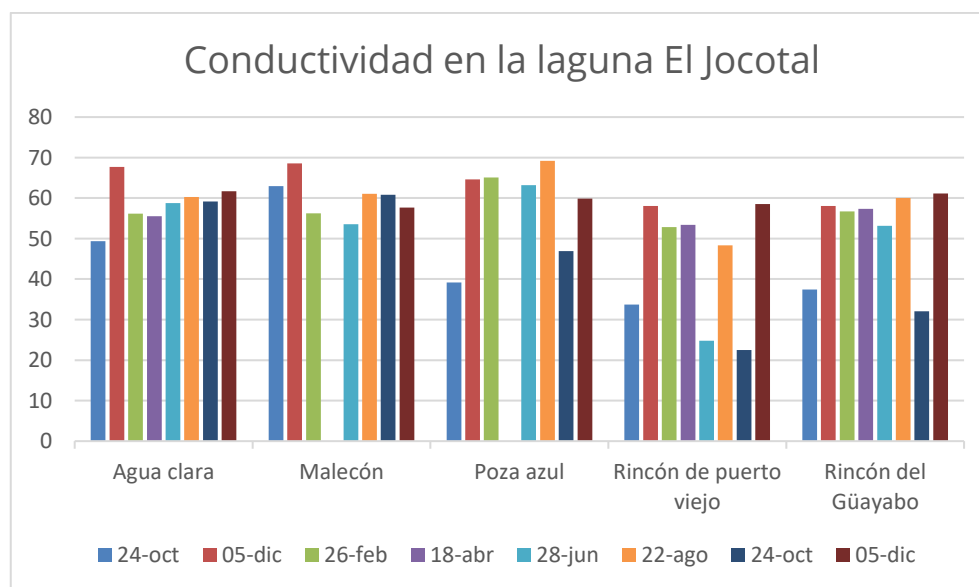


Figura 5. Conductividad por sitio y mes en la laguna El Jocotal

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Transparencia: en cuanto a la transparencia, la laguna El Jocotal tiene un promedio de 71 cm. Al observar los promedios entre meses y sitios, existió cierta variación. Por ejemplo, los promedios mensuales oscilaron entre 34 a 98 cm, siendo el más bajo en abril, debido a que solamente hubo tres datos de transparencia, pues no se lograron tomar datos en Malecón y Poza Azul y, el más alto, en octubre 2017 y 2018. Por otro lado, los promedios por sitios están entre 40 cm en Rincón de Puerto Viejo y 91 cm en Agua Clara (Tabla 10 y Figura 6).

Tabla 10

Registro de transparencia en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal

Transparencia (cm)	Agua Clara	Malecón	Poza Azul	Rincón de Puerto Viejo	Rincón del Guayabo	Promedios mensuales
Valor guía	< 120 cm					
24-oct-2017	110	130	100	60	90	98
05-dic-2017	110	70	100	30	50	72
26-feb-2018	80		80	40	70	68
18-abr-2018	73			20	10	34
28-jun-2018	70	50	100	80	50	70
22-ago-2018	55	50	55	20	50	46
24-oct-2018	150	100	110	50	80	98
05-dic-2018	80	50	80	20	80	62
Promedios por sitio	91	75	89	40	60	71

Nota: cm: centímetros; <= menor que

Fuente: Proyecto MARN- JICA

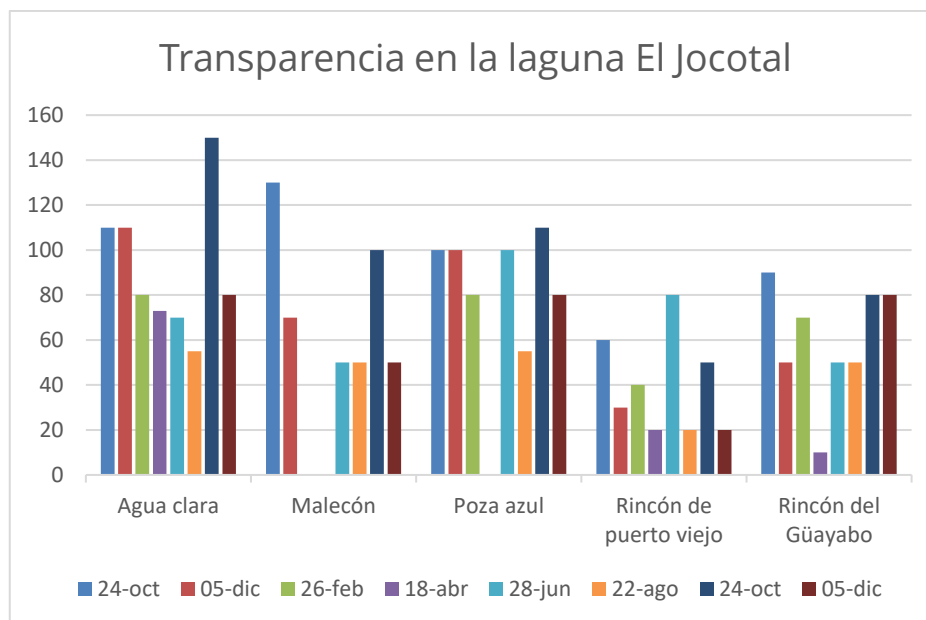


Figura 6. Transparencia por sitio y mes en la laguna El Jocotal

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Oxígeno Disuelto (OD): en la laguna El Jocotal se tiene un promedio de Oxígeno Disuelto (OD) de 6.89 mg/L. Los promedios por mes oscilaron entre: 3.83 a 12.86 mg/L, en octubre de 2017 y febrero de 2018, respectivamente. Por otro lado, los promedios por sitios oscilaron entre: 3.48 mg/L en el Malecón y 9.43 mg/L en Poza Azul (Tabla 11 y Figura 7).

Tabla 11

Registro de OD en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal

Oxígeno Disuelto (mg/L)	Agua Clara	Malecón	Poza Azul	Rincón de Puerto Viejo	Rincón del Guayabo	Promedios mensuales
Valor guía	≥ 5 mg/L					
24-oct-2017	5.00	3.00	8.21	1.71	3.26	4.24
05-dic-2017	11.11	7.40	11.60	10.48	10.48	10.21
26-feb-2018	16.87	3.22	18.11	15.77	10.34	12.86
18-abr-2018	7.97			17.50	5.95	10.47
28-jun-2018	4.75	0.84	4.75	2.39	5.30	3.61
22-ago-2018	3.30	2.63	4.49	4.26	5.61	4.06
24-oct-2018	3.14	2.96	9.44	0.08	3.52	3.83
05-dic-2018	9.27	4.29	9.44	5.40	8.80	7.44
Promedios por sitio	7.68	3.48	9.43	7.20	6.66	6.89

Nota: ≥= mayor o igual que; mg/L= miligramo por litro

Fuente: Proyecto MARN- JICA

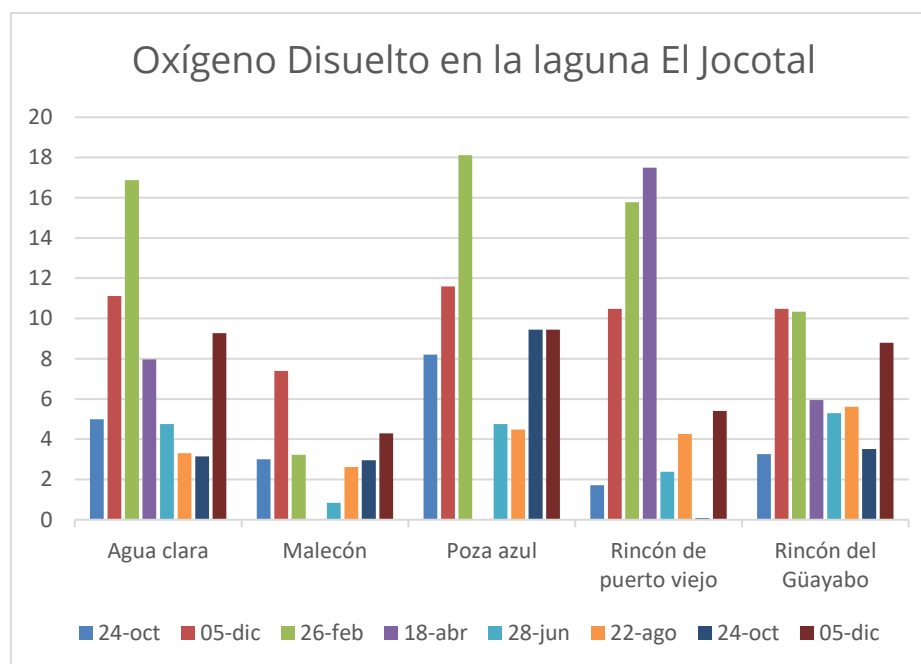


Figura 7. Oxígeno Disuelto por sitio y mes en la laguna El Jocotal

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$): el promedio en la laguna El Jocotal fue de 8.70 $\mu g/L$, para los cinco sitios. Al observar los promedios por mes se tiene que el más alto fue en el mes de octubre de 2017 con 12.65 $\mu g/L$ y, el más bajo, en abril con 6.13 $\mu g/L$. Por otro lado, el sitio donde se registró el promedio más bajo de Clorofila durante todo el año fue el Malecón, con 1.50 y, el más alto, Poza Azul con 12.66 $\mu g/L$ (Tabla 9 y Figura 8).

Tabla 12

Registro de Clorofila en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal

Clorofila ($\mu g/L$)	Agua Clara	Malecón	Poza Azul	Rincón de Puerto Viejo	Rincón del Guayabo	Promedios mensuales
24-oct-2017	13.00	6.97	19.50	12.70	11.10	12.65
05-dic-2017	4.70	0.10	6.80	19.50	19.50	10.12
26-feb-2018	16.10	0.70	18.10	3.40	7.70	9.20
18-abr-2018	1.50			10.90	6.00	6.13
28-jun-2018	4.00	1.30	8.10	9.70	26.60	9.94
22-ago-2018	1.50	0.10	8.50	7.00	14.60	6.34
24-oct-2018	1.50	0.40	26.90	10.70	2.14	8.33
05-dic-2018	0.40	0.90	0.70	18.90	11.50	6.48
Promedios por sitio	5.34	1.50	12.66	11.60	12.39	8.70

Fuente: Proyecto MARN- JICA

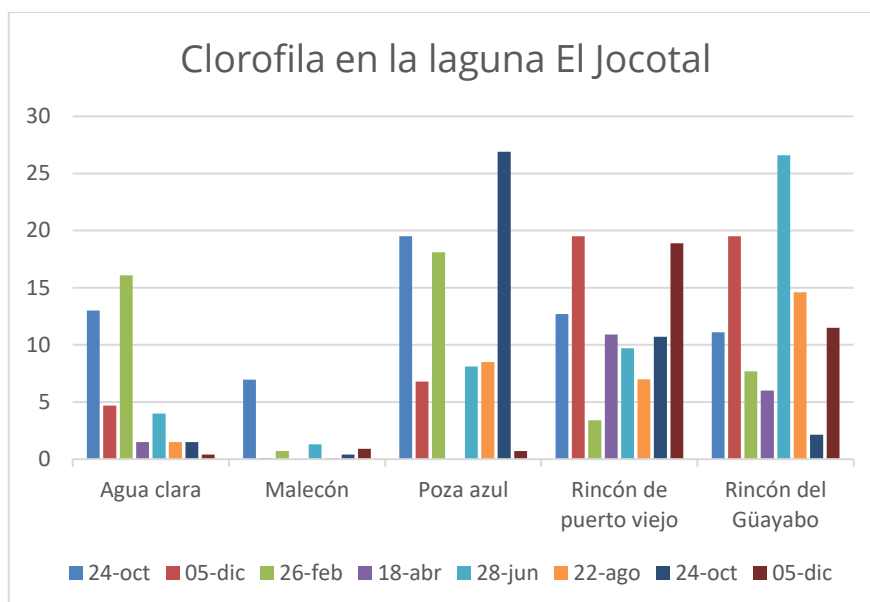


Figura 8. Clorofila por sitio y mes en la laguna El Jocotal

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Turbidez: el promedio por sitio en laguna El Jocotal fue de 4.17 UNT. Sin embargo, la turbidez osciló entre 1.38 a 8.36 UNT, en Agua Clara y Rincón de Puerto Viejo, respectivamente. Al observar los resultados por mes, estos variaron entre 2.31 a 6.88 UNT, siendo el más bajo en febrero y, el más alto valor, en diciembre de 2017. De hecho, el valor más alto registrado en la laguna fue en el mes de octubre en Rincón de Puerto Viejo con 16.1 UNT (Tabla 13 y Figura 9).

Tabla 13

Registro de turbidez en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal

Turbidez (UNT)	Agua Clara	Malecón	Poza Azul	Rincón de Puerto Viejo	Rincón del Güayabo	Promedios mensuales
Valor guía	≤ 50 UNT					
24-oct-2017	5.34	7.25	5.36	10.42	5.79	6.83
05-dic-2017	3.02	0.3	3.00	14.8	13.3	6.88
26-feb-2018	0.41	2.27	0.37	4.43	4.07	2.31
18-abr-2018	0.42			7.23	1.26	2.97
28-jun-2018	0.59	0.17	1.4	1.16	8.75	2.41
22-ago-2018	0.21	0.17	0.48	1.37	12.2	2.89
24-oct-2018	0.63	0.37	3.61	16.1	6.28	5.40
05-dic-2018	0.38	0.29	0.88	11.4	7.43	4.08
Promedios por sitio	1.38	1.55	2.16	8.36	7.39	4.17

Nota: UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez; ≤= menor o igual que

Fuente: Proyecto MARN- JICA

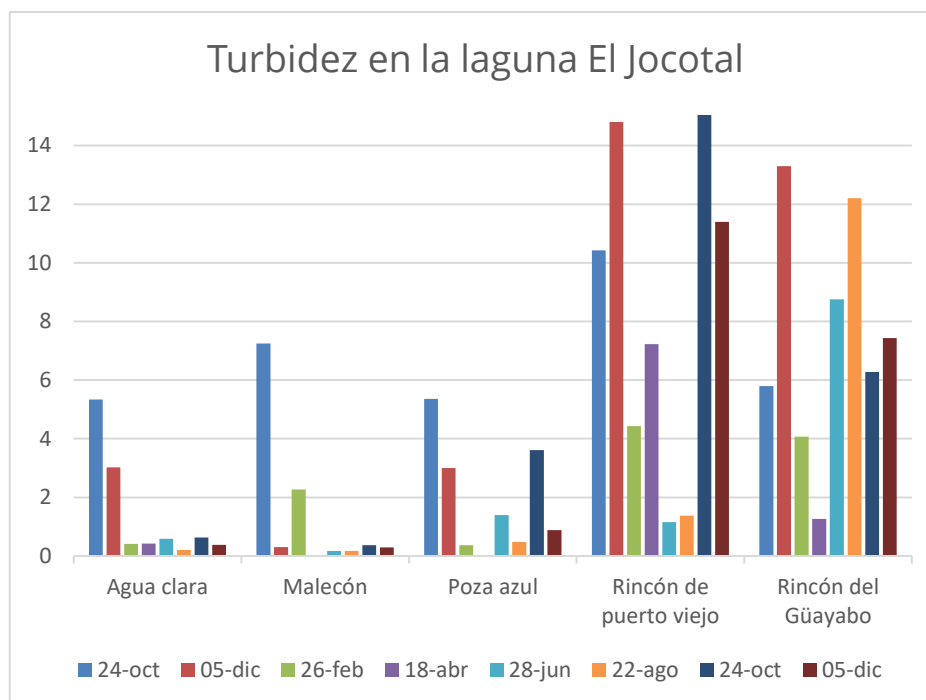


Figura 9. Turbidez por sitio y mes en la laguna El Jocotal
Fuente: Proyecto MARN- JICA

Resumen de los resultados de parámetros bimensuales

En general, los promedios de cada uno de los parámetros se encuentran dentro de los valores guía de aptitud de agua para recreación con contacto directo, riego sin restricciones y consumo de especies de producción animal (Tabla 14). Sin embargo, los promedios por sitios de algunos parámetros resultan estar fuera del valor guía de aptitud para los usos mencionados anteriormente.

Por ejemplo, el Malecón fue el que obtuvo un promedio bajo de Oxígeno Disuelto (OD) con 3.48 mg/L y, es el sitio que de hecho obtuvo uno de los valores más bajos en junio de 2018 que fue de 0.84 mg/L. Esto puede estar influenciado por diferentes factores, entre ellos, la contaminación, materia orgánica en descomposición, actividad humana, etc. También, puede verse que los promedios de Clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) en este sitio fueron los más bajos (1.50 $\mu g/L$), lo cual puede estar influenciando los niveles registrados de Oxígeno Disuelto.

En cuanto a la salinidad, los valores no sobrepasaron 0.2 % en la laguna El Jocotal.

A continuación, se muestra un resumen de los resultados obtenidos por cada parámetro medido en la laguna El Jocotal (Tabla 14):

Tabla 14

Resumen de los resultados de los parámetros muestreados en la laguna El Jocotal y los valores guía establecidos para cada aptitud de uso del agua

	pH (Unidades pH)	Temperatura (°C)	Conductividad (uS/cm)	Transparencia (cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Clorofila (µg/L)	Turbidez (UNT)
Valor guía (*)	6-9	ND		< 120	≥ 5 mg/L	ND	≤ 50 UNT
Valor guía (**)	6.5-8.4		< 1500				
Valor guía (***)			≤ 700				
Promedio general en la laguna	7.12	30	54.60	71	6.89	8.70	4.17
Rango promedios por mes	6.20– 7.92	29.86– 30.62	44.28– 63.42	34– 98	3.83– 12.86	12.65– 6.13	2.31– 6.88
Rango promedios por sitio	6.83– 7.25	28.69– 31.01	44.03– 60.11	40– 91	3.48– 9.43	1.50– 12.66	1.38– 8.36

Nota: *aptitud de agua para recreación con contacto directo; **aptitud de agua para riego sin restricciones; ***aptitud de agua para consumo de especies de producción animal; °C: centígrado; pH: Potencial de Hidrógeno; uS/cm: microSiemens por centímetro; cm: centímetro; mg/L: milígramo por litro; µg/L: microgramo por litro; UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez; ND: No Detectable; ≥ mayor o igual que; ≤ menor que

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Resultados de los análisis de agua en laboratorio

Solamente se han ejecutado dos análisis de laboratorio del agua de la laguna El Jocotal en los meses de octubre 2017 y agosto 2018. Las muestras han sido tomadas de cuatro sitios: Rincón de Puerto Viejo, Poza Azul, Agua Clara y Malecón (Tabla 15). A continuación, se describen los resultados por cada uno de los parámetros medidos:

a. Coliformes fecales

La cantidad de coliformes osciló entre 14 a 920 NMP/100 ml, el Malecón fue el sitio con los mayores valores de coliformes fecales entre 220 y 920 NMP/100 ml, en 2017 y 2018, respectivamente. Estos valores sobrepasan el valor guía de aptitud para recreación con contacto directo, pero no así el valor guía de riego sin restricción.

b. Fosfatos (PO_4^{3-})

En cuanto a los valores de Fosfatos, en el 2017 estos se registraron entre 0.5 a 0.94 mg/L y, en el 2018, entre 0.20 a 0.30 mg/L. Siendo estos valores más bajos en 2018 para Poza Azul, Agua Clara y Malecón. Probablemente, los valores se registraron más altos en 2017 (mayor al valor guía de 0.5), debido a que las muestras fueron tomadas en octubre (mes con mayor precipitación) y, en el 2018, las muestras fueron tomadas en agosto (menos precipitación). Posiblemente, las lluvias arrastran contaminantes provenientes de los cultivos y/o vertidos humanos que ayudan a incrementar el nivel de Fosfatos en el agua de la laguna.

c. Nitratos (NO_3^-)

Con respecto a los Nitratos, los valores oscilaron entre 0.04 a 8.45 mg/L en 2017 y, para 2018, se encontró entre 3.69 a 6.8 mg/L. Los valores más altos (mayores al valor guía de ≤ 5 mg/L para riego sin restricciones), correspondieron a el Malecón.

d. Nitritos (NO_2^-)

Existen registros de entre 0.01 a 0.04 mg/L para el 2017 y 0.02 a 0.30 mg/L para el 2018. Estos valores se encuentran más bajos que el valor guía para consumo de especies de producción animal que es de ≤ 10 .

e. Carbono (C) y Bicarbonatos (HCO_3^-)

El valor guía de Bicarbonatos debería estar en ≤ 91.525 mg/L. Dichos valores se mantuvieron bajo ese valor guía durante el 2017 en un rango entre 46.36 a 67.1 mg/L. Sin embargo, los valores obtenidos para el 2018 estuvieron más altos, ya que oscilaron entre 229.36 a 336.72 mg/L, el más alto fue en Poza Azul. La determinación de este parámetro es útil para estimar la alcalinidad de las aguas o la reacción alcalina que puedan producir algunos fertilizantes al ser aplicados, probablemente el arrastre de fertilizantes a través de los ríos que desembocan en la laguna pudo haber influenciado en el año 2018.

f. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno debe encontrarse en valores de ≥ 5 mg/L. Los valores encontrados en octubre 2017 oscilan entre < 16.84 a 17.72 mg/L y, para agosto 2018, se encontraron entre < 16.84 a 31.87 mg/L. Solamente en el Malecón ese parámetro no fue detectado. Sin embargo, los resultados se encuentran dentro del valor guía.

g. Nitrógeno (N)

Solamente se tienen valores de Nitrógeno para el año 2018, en el cual se puede ver que oscilaron entre 63.03 mg/l a 77.04 mg/L, siendo el mayor valor en el Malecón.

h. Mercurio (Hg)

En agosto 2018, se detectó presencia de mercurio en dos sitios: Rincón de Puerto Viejo (0.018 mg/L) y Poza Azul (0.0104 mg/L). Estos valores se encuentran en el límite aceptable del valor guía designado para consumo de especies de producción animal.

Tabla 15

Resultados de los análisis de laboratorio para las muestras de agua de la laguna El Jocotal (octubre 2017 y agosto 2018)

Fecha	Sitio	Coliformes fecales NMP/100 mL	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Carbonato y Bicarbonatos (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Nitrógeno (mg/L)	Mercurio (mg/L)
	Valor guía	< 200* ≤ 1000**	0.5	≤ 5**	≤ 10***	≤ 91.525**	≥ 5*		< 0.01***
24-oct 2017	Rincón de Puerto Viejo	14	0.94	0.14	ND	46.36	< 16.84	0	ND
22-ago 2018		130	ND	ND	0.02	329.4	< 16.84	63.03	0.018
24-oct 2017	Poza Azul	14	0.80	0.04	0.02	52.46	17.72	0	ND
22-ago 2018		110	0.30	3.69	0.30	336.72	31.87	70.03	0.0104
24-oct 2017	Agua Clara	130	0.62	3.96	0.04	61.00	< 16.84	0	ND
22-ago 2018		79	0.20	5.79	0.28	305.00	< 16.84	70.03	ND
24-oct	Malecón	920	0.5	8.45	0.01	67.1	ND	0	ND
22-ago		220	0.20	6.8	0.02	229.36	ND	77.04	ND

Nota: *aptitud de agua para recreación con contacto directo; **aptitud de agua para riego sin restricciones; ***aptitud de agua para consumo de especies de producción animal; NMP: Número Más Probable; mg/L: miligramo por litro; ND: No Detectable; ≥= mayor o igual que; ≤= menor o igual que; <= menor que

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Conclusiones

- a. La calidad de agua de la laguna El Jocotal muestra que es apta para riego sin restricciones, pues no sobrepasa el valor guía de coliformes fecales, conductividad y pH para ese uso; sin embargo, Bicarbonatos (HCO_3^-) sí sobrepasa el valor guía aceptable en Poza Azul, por tanto, debe seguirse monitoreando.
- b. La calidad de agua de la laguna El Jocotal muestra que es apta para la recreación con contacto directo, excepto para la zona de el Malecón, pues sobrepasa el valor guía de coliformes fecales para tal uso y, presentó los niveles más bajos de Oxígeno Disuelto (OD) y Clorofila ($\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$).
- c. En cuanto a la aptitud de agua para consumo de especies de producción animal es necesario tomar las medidas pertinentes, ya que se cuenta con detección de Mercurio (Hg) en dos sitios dentro de la laguna: Poza Azul y Rincón de Puerto Viejo, con valores que se encuentran, levemente arriba, del límite del valor guía aceptable para tal uso. Mientras que los valores de conductividad y Nitritos (NO_2^-), si se encuentran dentro de lo aceptable para ese uso.

Referencias bibliográficas

Ayres, R., & Westcot, D. (1985). *Water Quality for Agriculture*. California, USA.

Canadá, M. O. (2012). *Guidelines for Canadian Water Quality*. Ottawa: Healthy Environments and Consumer Safety Branch Health Canada.

Environmental Protection Agency. (1976). *Quality Criteria for Water* (ReedBook). Washington DC: United States of America. EPA.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). Ficha Ramsar del Área Natural Protegida laguna El Jocotal. Documento no publicado. Proyecto MARN-JICA. 58 pág.

México, E. U. (2010). Ley Federal de Derechos. Ciudad de México, México.



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES



www.marn.gob.sv | medioambiente@marn.gob.sv

