



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

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

Año 2019





MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

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

Año 2019

Informe anual de calidad de agua de la laguna El Jocotal. Año 2019

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
El Salvador, Centroamérica.

Fernando Andrés López Larreynaga
Ministro

Álex Michel Hasbun Gadala María
Viceministro

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
Jaime Javier Espinoza Navarrete, Jefe de Unidad de Humedales

Edición y diseño
Gerencia de Comunicaciones del MARN

Primera edición
Diciembre, 2020

El Reporte fue financiado y elaborado en el marco del Proyecto MARN-JICA denominado: *"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.
Teléfono: (503) 2132-6276
Sitio web: www.marn.gob.sv
Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv
Facebook: www.facebook.com/marn.gob.sv
Twitter: @marn_sv
Youtube: [youtube/marnsv](https://youtube.com/marnsv)

Contenido

Introducción.....	9
Metodología de trabajo.....	11
Resultados de calidad de agua de la laguna El Jocotal.....	16
Conclusiones	34
Referencia bibliográfica.....	34

Listado de Figuras

- Figura 1** a) Embarcadero despejado de vegetación flotante en zona “El Borbollón”; b) Estación de monitoreo “agua clara”, 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** Guardarrecursos Miguel López, tomando los parámetros de monitoreo de calidad de agua, en la laguna El Jocotal.
- Figura 4** a) Guardarrecursos Leodán Ramírez, tomando la muestra de agua para análisis de coliformes; b) Muestra de agua extraída mediante botella de Van Dorn.
- Figura 5** Promedio pH por sitio y época muestreada, en dos años.
- Figura 6** Promedios de temperatura por sitio y época muestreada, en dos años.
- Figura 7** Promedios de conductividad por sitio y época muestreada, en dos años.
- Figura 8** Promedios de transparencia por sitio y época muestreada, en dos años.
- Figura 9** Promedios de oxígeno disuelto por sitio y época muestreada, en dos años.
- Figura 10** Promedios de clorofila por sitio y época muestreada, en dos años
- Figura 11** Promedios de turbidez por sitio y época muestreada, en dos años.
- Figura 12** Promedios de coliformes fecales en tres temporadas lluviosas, por sitio, en la laguna El Jocotal.
- Figura 13** Promedios de nitratos en tres temporadas lluviosas, por sitio, en la laguna El Jocotal.

Figura 14 a) Estaciones de monitoreo de calidad de agua en 2019 y, b) Estaciones propuestas para 2020, en la laguna El Jocotal.

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 cada seis meses, en el análisis de laboratorio, de las muestras de agua, en la laguna El Jocotal.
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	Promedios de pH por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.
Tabla 8	Promedios de temperatura por época. en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.
Tabla 9	Promedios de conductividad por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.
Tabla 10	Promedios de transparencia por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.
Tabla 11	Promedios de OD por época, en cada sitio muestreado, en laguna El Jocotal.
Tabla 12	Promedios de clorofila, por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.
Tabla 13	Promedios 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	Promedios de cantidad de coliformes fecales, por época, en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.

Tabla 16	Promedios de cantidad de fosfatos, por época, en cada sitio muestreado en la laguna El Jocotal.
Tabla 17	Promedios de cantidad de nitratos, por época, en cada sitio muestreados en la laguna El Jocotal.
Tabla 18	Promedios de bicarbonato por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.
Tabla 19	Promedios de nitrógeno total por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.
Tabla 20	Resultados de los análisis de laboratorio, para las muestras de agua de la laguna El Jocotal (octubre 2017 hasta agosto 2019).

Siglas y acrónimos

ANP	Área Natural Protegida
CCME	<i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i>
FAO	Food and Agriculture Organization
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
USEPA	United States Environmental Protection Agency

Simbología

$\leq$	Menor o igual que
$\geq$	Mayor o igual que
$<$	Menor que

%	Porcentaje
½	Medio
°C	Grado Celsius
Al	Aluminio
As	Arsénico
B	Boro
C ₅₅ H ₇₂ O ₅ N ₄ Mg	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
H ₂ SO 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
NaHCO ₃	Bicarbonato

N.D.	No Detectable
Ni	Niquel
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⁻	Fosfato
NMP	Número Más Probable
RAS	Relación de Adsorción de Sodio
S.D.	Sin Datos
UNT	Unidad Nefelométrica de Turbidez
uS/cm	Microsiemens por centímetro
Zn	Zinc

Introducción

El Humedal Área Natural Protegida Laguna El Jocotal, presenta un área de 4479 ha, que abarca la laguna de San Juan (200 ha) y, se ubica, aproximadamente, a 120 km de San Salvador.

Se localiza al extremo nororiental de la Planicie Costera Central, dentro de los municipios: El Tránsito, San Miguel, Chirilagüa y Jucuarán, además, la Cordillera de Jucuarán está al Sur del humedal. Mientras que, al Norte se encuentra el volcán de San Miguel. Al este y oeste se encuentra la gran planicie costera. Al Sur está el río Grande de San Miguel que, en numerosas precipitaciones intensas, confluye con la laguna por el sector este (MARN, 2017).

El humedal está caracterizado por abundante vegetación flotante y sumergida, así como por el bosque de inundación en su entorno. Las lavas del volcán de San Miguel forman parte de esta área, y en el sector este, sur y oeste, hay zonas de inundación de la laguna. Dicho humedal fue declarado sitio Ramsar el 22 de enero de 1999, siendo el primero en ser declarado con esta categoría de importancia internacional para El Salvador (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 un monitoreo de calidad de agua en dichas lagunas.

Este monitoreo es una herramienta fundamental que permite evaluar las tendencias temporales y espaciales de la calidad del recurso agua. La información generada servirá de insumo al momento de implementar acciones de manejo que eviten que la degradación del recurso continúe o se incremente en este sitio.

Es por eso que, en el presente 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 2019.

Se incluyen algunos análisis descriptivos por cada uno de los parámetros medidos en los sitios de muestreo. También se dan a conocer algunas recomendaciones para el monitoreo de calidad de agua para el 2020.

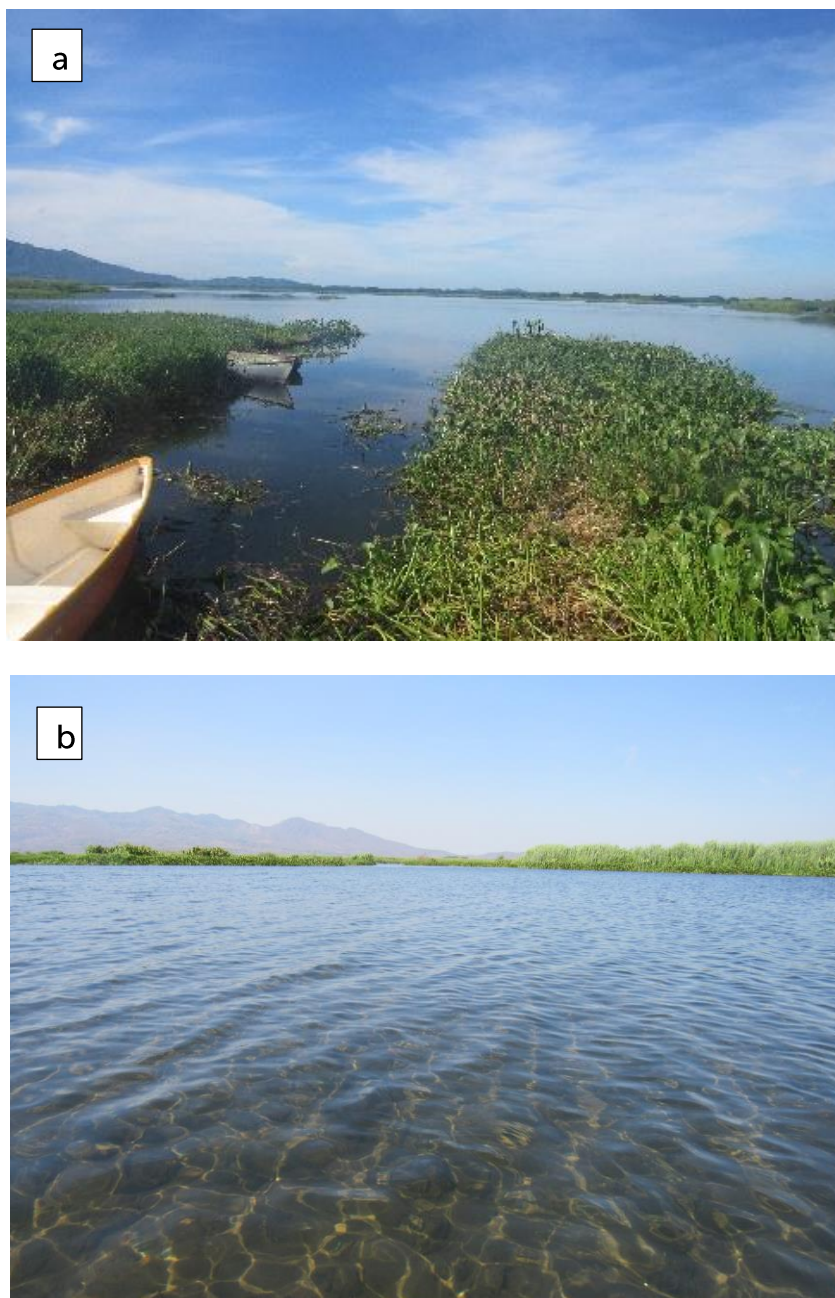


Figura 1. a) Embarcadero despejado de vegetación flotante en la zona "El Borbollón" b) Estación de monitoreo "Agua Clara", Área Natural Protegida laguna El Jocotal
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Metodología de trabajo

Sitios de muestreo

Se inició con un total de 10 estaciones de muestreo, en octubre de 2017. Sin embargo, a partir de agosto 2018, se disminuyó a cinco el número de estaciones, con el fin de mantener la calidad de los datos, para el monitoreo de agua. A continuación, se detalla en la Tabla 1, la ubicación geográfica de estos 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 Puerto Viejo	A aproximadamente 2.3 km al sureste del embarcadero de "El Borbollón".	13.329280	88.242162
2	Rincón del Güayabo	A medio kilómetro antes de llegar a Puerto Viejo en dirección sureste.	13.336732	88.244093
3	Poza Azul	A aproximadamente 1 km en dirección oeste desde el embarcadero.	13.344057	88.251762
4	Agua clara	Entre Poza Azul y Malecón.	13.344293	88.248487
5	Malecón	A la orilla de la laguna, a 20 metros dirección oeste del embarcadero. Es posible llegar caminando.	13.346475	88.246837

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

En el siguiente mapa se muestra la ubicación de los sitios de muestreo:

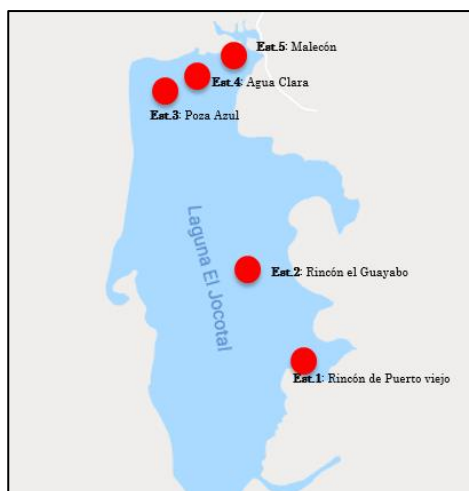


Figura 2. Sitios de muestreo para la evaluación de la calidad de agua en laguna El Jocotal.

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Trabajo de campo

El monitoreo de calidad de agua se desarrolló cada dos meses desde octubre 2017 hasta diciembre 2019, en el cual se tomaron siete parámetros *in situ*. Abarcando dos temporadas de época seca (diciembre, febrero, abril) y época lluviosa (junio, agosto, octubre).

Sin embargo, en el mes de junio de 2019 no se logró hacer el monitoreo debido a que la vegetación flotante estaba bloqueando la zona del embarcadero en el área del Borbollón, lo que limitó el ingreso al espejo de agua en ese mes, por lo tanto solamente se logró tomar los datos de uno de los sitio denominado El Malecón, donde es posible llegar caminando.

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

Fuente: Proyecto MARN-JICA

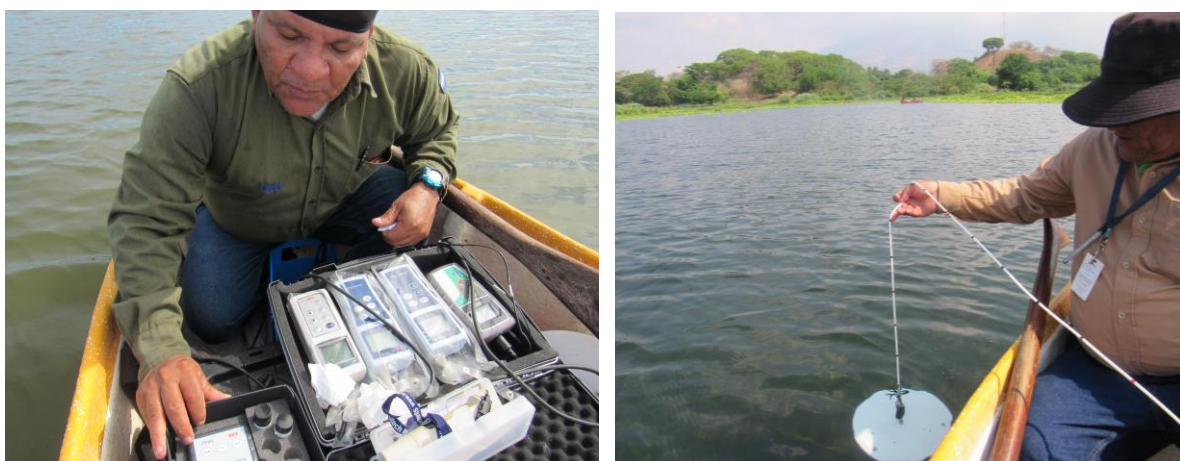


Figura 3. Guardarrecursos Miguel López, tomando los parámetros de monitoreo de calidad de agua, en la laguna El Jocotal.

Fuente: Proyecto MARN-JICA

Además, se planificó que cada seis meses, se realizará la toma de muestras de agua, para los análisis de laboratorio. Sin embargo, se logró realizar en octubre 2017, agosto 2018, febrero 2019 y agosto 2019, abarcando tres valores en época lluviosa y, uno en época seca. No fue posible obtener datos en época seca del año 2018, debido al bloqueo del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).

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 laguna El Jocotal cada seis meses.

Parámetro	Volumen	Tipo de botella *	Nota
DBO (5 días)	1 litro	Plástica	Botella de doble tapón, distribuido por Salvaplastic. Teléfono: 2511-3400
Carbonatos, Bicarbonatos, Fosfatos, Nitrógeno Amoniacal, Nitritos y Nitratos	1 litro	Plástica	La cantidad de un litro a recolectar, aplica para seis muestras y los recipientes plásticos son distribuidos por Salvaplastic
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 Electrolab-Medic.
Mercurio	1 litro	Plástica	Será llevado a laboratorio externo de FUSADES, quienes proveen del recipiente e incluido en el costo de análisis. Puede ser entregado en botella plástica de 1 litro. Para el año 2020, el laboratorio del MARN, podría realizar los análisis. Teléfono: 2132-9672.

Nota: * los recipientes de plásticos y las bolsas para coliformes fecales pueden ser comprados en FUSADES. En caso el análisis de mercurio se haga en FUSADES, ellos ya proporcionan los recipientes en el costo del análisis. 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.

Fuente: Proyecto MARN-JICA



Figura 4. a) Guardarrecursos Leodán Ramírez, tomando la muestra de agua para análisis de coliformes y b) muestra de agua extraída mediante botella de Van Dorn.
Fuente: Proyecto MARN-JICA

Las normas de calidad de agua, en las cuales se basa el Proyecto MARN-JICA, para conocer si los resultados están dentro de los rangos aceptables de aptitud de agua para: riego sin restricciones, recreación con contacto directo y consumo de especies de producción animal, no son las oficiales a nivel nacional, pero son los que toma en cuenta el MARN, en los estudios de análisis de agua.

En la Tabla 4, 5 y 6, se presentan los valores guía, con los rangos aceptables de aptitud, para los diferentes usos del agua. Los que están sombreados en color gris son los parámetros medidos en el monitoreo de calidad de agua del 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

Parámetro	Unidades	Valor Guía		Fuente
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 (México)
Conductividad	(uS/cm)	≤	700	FAO
Nitratos (NO ₂ -N)	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; NMP: Número Más Probable; RAS: Relación de Adsorción de Sodio.

Fuente: Ayres, R., & Westcot, D. (1985). Water Quality for Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO), M. E. U. (2010). Ley Federal de derechos. Ciudad de México: México.

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; MINAM: Ministerio del Ambiente; US EPA: United States Environmental Protection Agency; CCME: Canadian Council of Ministers of the Environment.

Fuente: Canada, M. o. (2012). Guidelines for Canadian Recreational Water Quality. Ottawa: Healthy Environments and Consumer Safety Branch Health Canada, States, E. P. (1976). Quality Criteria for Water (Redbook). Washitong DC: United States of America, Perú, M. d. (2015). No 015-2015-MINAM. Lima: Republica de Perú.

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 -N)	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: Canada, M. o. (2012). Guidelines for Canadian Recreational Water Quality. Ottawa: Healthy Environments and Consumer Safety Branch Health Canada, States.

Resultados de calidad de agua de la laguna El Jocotal

a) Parámetros de calidad de agua medidos *in situ*

pH: el promedio en la laguna El Jocotal fue de 7.10 unidades de pH. El promedio entre dos temporadas, 2018 y 2019, para época seca fue de 7.30. Mientras que, para época lluviosa fue de 6.90, mostrando esta último el valor más bajo.

Al comparar el pH entre los cinco sitios, el promedio más bajo fue en El Malecón (6.70) y, el más alto en Rincón de Puerto Viejo (7.33), ver Tabla 7 y Figura 3.

Tabla 7

Promedios de pH por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal

Estación	Promedio Época seca 2 años	Promedio Época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Agua Clara	7.27	7.04	7.16
El Malecón	6.87	6.52	6.70
Poza Azul	7.29	7.06	7.17
Rincón de Puerto Viejo	7.91	6.76	7.33
Rincón del Guayabo	7.19	7.12	7.15
Promedio total	7.30	6.90	7.10

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

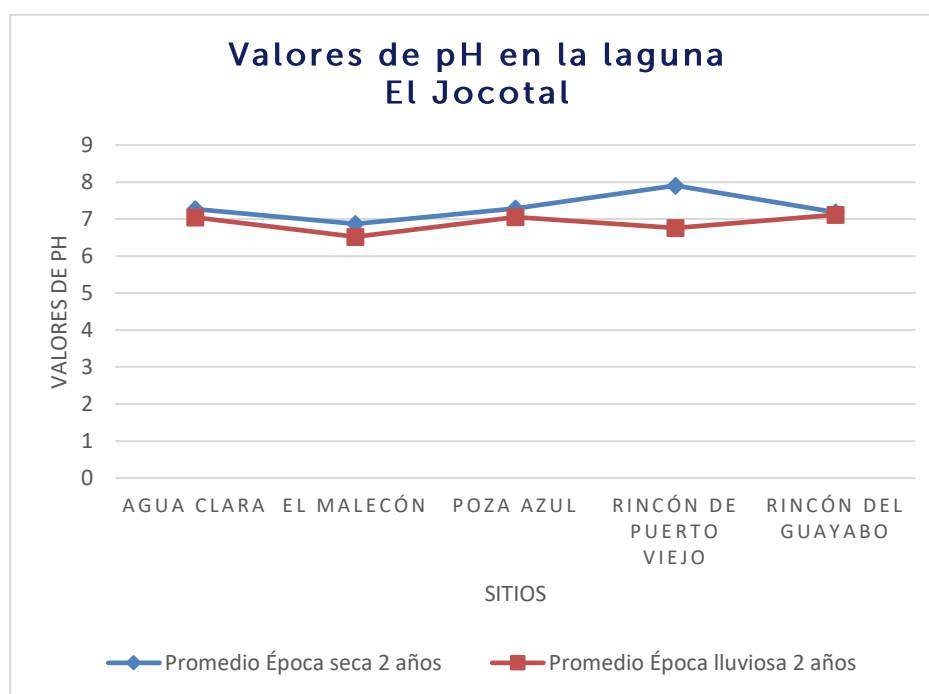


Figura 5. Promedios de pH por sitio y época muestreada en dos años
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Temperatura: la laguna El Jocotal tiene un promedio de temperatura de 29.96 °C. Los promedios de temperatura, entre época seca y época lluviosa, fueron similares, pues oscilaron entre 29.93 y 29.98 °C, respectivamente.

Sin embargo, al comparar la temperatura por sitios, se observó un promedio mayor a 30 °C, entre los sitios Agua Clara, El Malecón y Poza Azul, siendo el mayor promedio en El Malecón con 30.62 °C.

En Rincón Puerto Viejo y Rincón del Guayabo, osciló entre 28.77 °C y 29.68 °C, siendo el valor más bajo en Rincón Puerto Viejo (Tabla 8 y Figura 6).

Tabla 8

Promedios de temperatura por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal.

Estación	Promedio en °C Época seca 2 años	Promedio en C° Época lluviosa 2 años	Promedio °C por sitio
Agua Clara	30.66	30.59	30.63
El Malecón	30.82	30.56	30.69
Poza Azul	29.58	30.46	30.02
Rincón de Puerto Viejo	29.13	28.42	28.77
Rincón del Guayabo	29.49	29.88	29.68
Promedio total	29.93	29.98	29.96

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

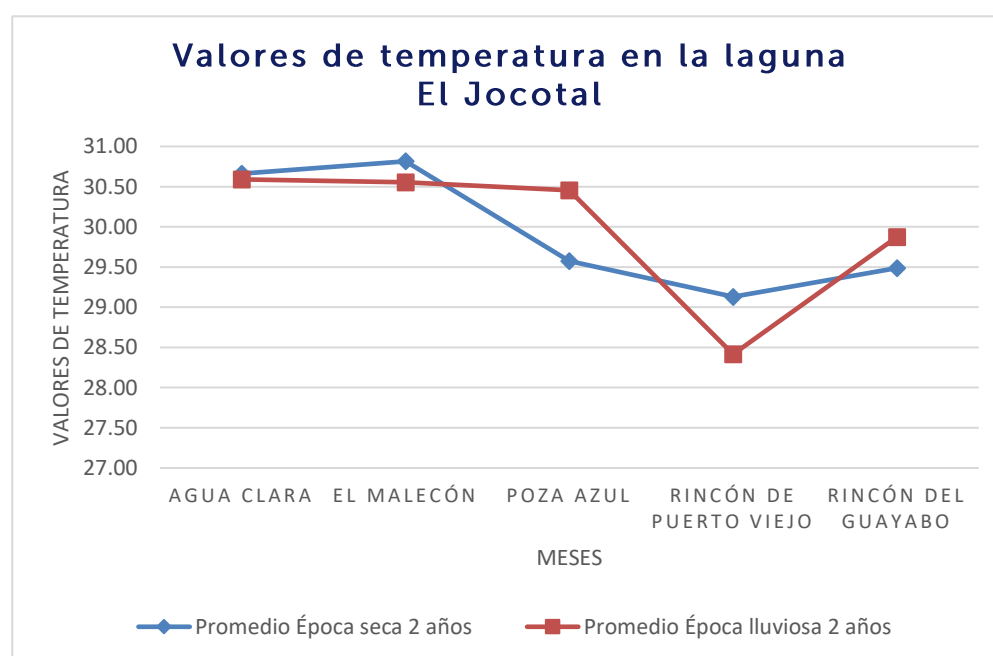


Figura 6. Promedios de temperatura por sitio y época muestreada en dos años.
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Conductividad: el promedio de conductividad en la laguna El Jocotal fue de 54.47 uS/cm. Al analizar los promedios por época, se identificó que, en época seca la conductividad fue mayor, con promedio de 59.07 uS/cm. Mientras que, fue menor en época lluviosa, con promedio 49.87 uS/cm.

En cuanto a los sitios, se encontró que el promedio de conductividad más baja fue de 43.96 en Rincón de Puerto Viejo y 59.31 uS/cm en Poza Azul (Tabla 9 y Figura 7).

Tabla 9

Promedios de conductividad por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal.

Estación	Promedio Época seca 2 años	Promedio Época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Agua Clara	58.06	56.83	57.44
El Malecón	58.83	56.98	57.91
Poza Azul	61.56	57.07	59.31
Rincón de Puerto Viejo	57.65	30.28	43.96
Rincón del Guayabo	59.26	48.18	53.72
Promedio total	59.07	49.87	54.47

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

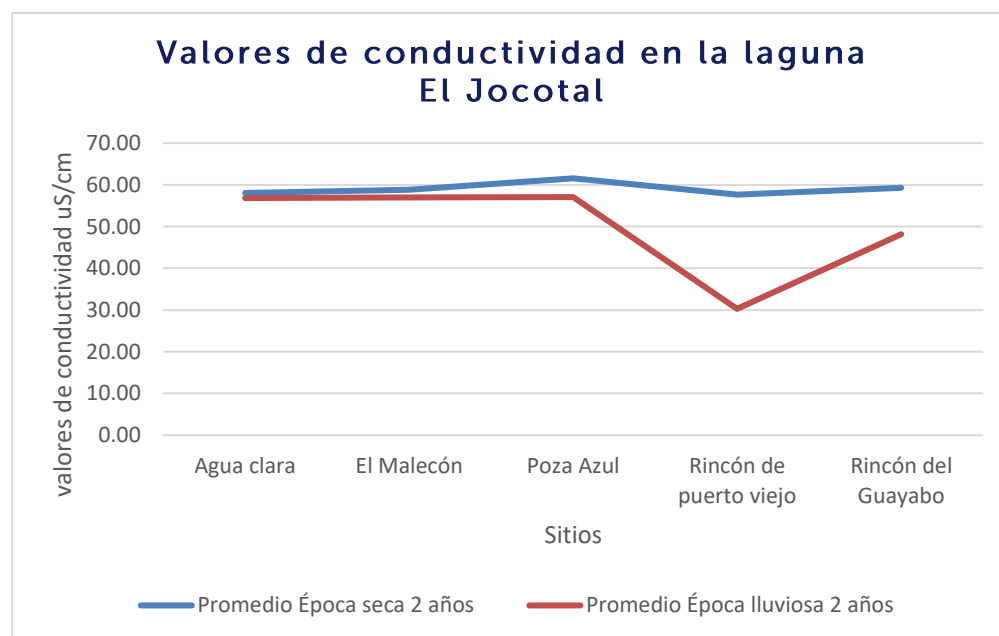


Figura 7. Promedios de conductividad por sitio y época muestreada en dos años en laguna El Jocotal.

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Transparencia: la laguna El Jocotal tiene un promedio de 69 cm. Al observar los promedios entre temporada seca y lluviosa, durante dos años, se encontró que existe mayor transparencia durante la época lluviosa, con un promedio de 78 cm, y un promedio más bajo, en la época seca, con 59 cm.

Los datos por sitios reflejan una mayor transparencia en Poza Azul, con un promedio máximo de 93 cm y, el promedio mínimo fue en Rincón de Puerto Viejo, con 38 cm.

Según la Figura 8, los valores se mantienen en ambas similares, para Agua Clara, en ambas épocas, siendo muy cambiantes en el resto de los sitios.

Es importante mencionar que en la mayoría de los sitios, el disco secchi topó al fondo de la Laguna, al momento de tomar este parámetro (Tabla 10 y Figura 8).

Tabla 10

Registro de promedios de transparencia por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal

Estación	Promedio Época seca 2 años	Promedio Época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Agua Clara	84	81	82
El Malecón	56	70	63
Poza Azul	83	104	93
Rincón de Puerto Viejo	27	50	38
Rincón del Guayabo	44	88	66
Promedio total	59	78	69

Nota: en la mayoría de los sitios, el disco secchi topó al fondo de la laguna, al momento de tomar dicho parámetro.

Fuente: Proyecto MARN-JICA

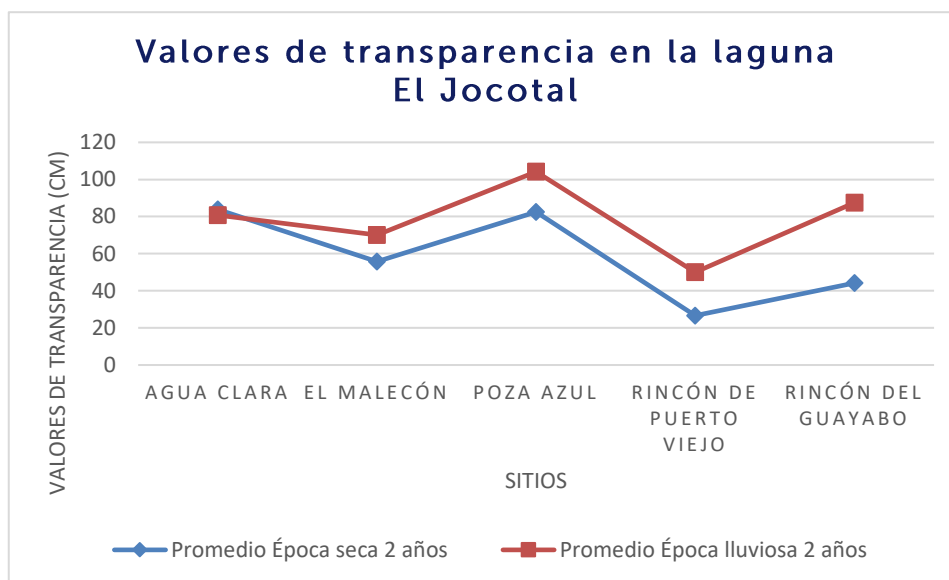


Figura 8. Promedios de tranparencia por sitio y época muestreada en dos años.

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Oxígeno Disuelto (OD): en la laguna El Jocotal se tiene un promedio de Oxígeno Disuelto (OD), de 6.11 mg/L. En dos años, los promedios por época seca y lluviosa fue de 8.26 mg/L y 3.96 mg/L, respectivamente, siendo mayor en época seca.

Por otro lado, los promedios mostraron un valor bajo en el Malecón con 3.71 mg/L y, el mayor promedio de 7.98 mg/L, en Poza Azul.

Por otro lado, se puede observar en la Figura 9, que en Rincón Puerto Viejo existe un cambio drástico de los promedios de oxígeno disuelto, entre las época seca y lluviosa, mostrando uno de los promedios máximos en época seca, con 10.01 mg/L y, uno de los promedios más bajos, de 1.88 mg/L, en época lluviosa (Tabla 11 y Figura 9).

Tabla 11

Registro de promedios de OD por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.

Estación	Promedio Época seca 2 años	Promedio Época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Agua Clara	8.70	5.00	6.85
El Malecón	4.81	2.60	3.71
Poza Azul	10.13	5.83	7.98
Rincón de Puerto Viejo	10.01	1.88	5.94
Rincón del Guayabo	7.67	4.48	6.07
Promedio total	8.26	3.96	6.11

Fuente: Proyecto MARN-JICA

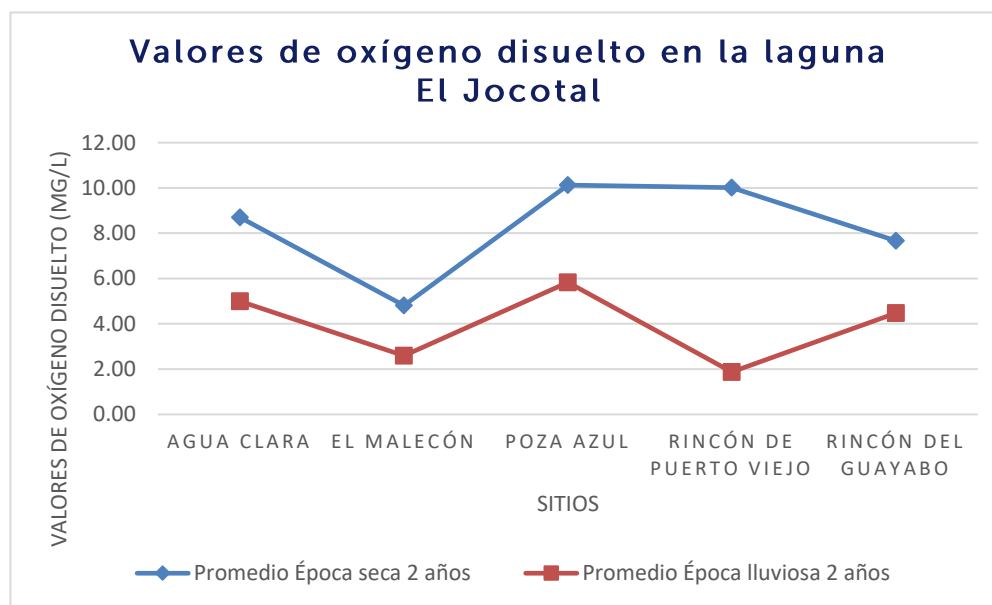


Figura 9. Promedios de oxígeno disuelto por sitio y época muestreada en dos años.

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$): el promedio en la laguna El Jocotal fue de 9.08 $\mu g/L$. Los promedios por época seca y lluviosa, en dos años, oscilaron entre 9.44 $\mu g/L$ y 8.73 $\mu g/L$, respectivamente. Además, el sitio donde se registró el mayor promedio de clorofila fue en Rincón Puerto Viejo con 16.24 $\mu g/L$. Mientras que, el valor más bajo fue en El Malecón, con 1.05 $\mu g/L$ (Tabla 12 y Figura 10).

Tabla 12

Promedios de Clorofila por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.

Estación	Promedio Época seca 2 años	Promedio Época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Agua Clara	3.88	3.89	3.89
El Malecón	0.50	1.60	1.05
Poza Azul	6.76	12.03	9.39
Rincón de Puerto Viejo	21.12	11.37	16.24
Rincón del Guayabo	14.95	14.75	14.85
Promedio total	9.44	8.73	9.08

Fuente: Proyecto MARN-JICA

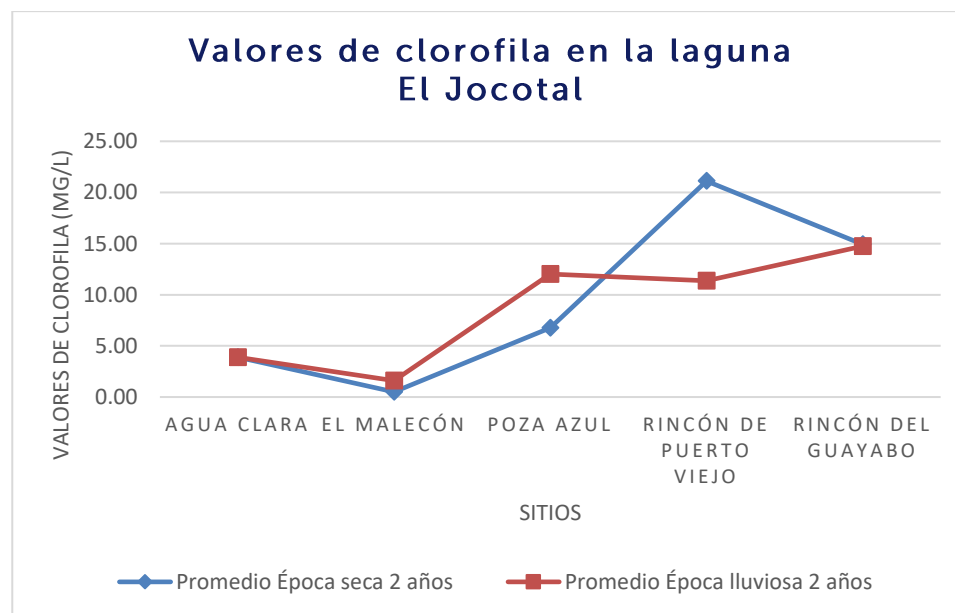


Figura 10. Promedios de clorofila, por sitio y época muestreada, en dos años.

Fuente: Proyecto MARN-JICA

Turbidez: el promedio de turbidez en la laguna de El Jocotal fue de 5.52 UNT. En época seca y época lluviosa oscilaron entre 9.48 UNT y 4.80 UNT, respectivamente. Los resultados por sitio, muestran que Rincón Puerto Viejo posee el promedio mayor de 17.77 UNT y, el valor más bajo, lo presenta El Malecón con 0.60 UNT, seguido de Agua Clara con 1.61 UNT y, Poza Azul con 2.09 UNT (Tabla 13 y Figura 11).

Tabla 13

Promedios de turbidez por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal

Estación	Promedio Época seca 2 años	Promedio Época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Agua clara	1.58	1.65	1.61
El Malecón	0.74	0.47	0.60
Poza Azul	1.25	2.93	2.09
Rincón de Puerto Viejo	23.64	11.91	17.77
Rincón del Guayabo	20.21	7.06	5.52
Promedio total	9.48	4.80	5.52

Fuente: Proyecto MARN-JICA

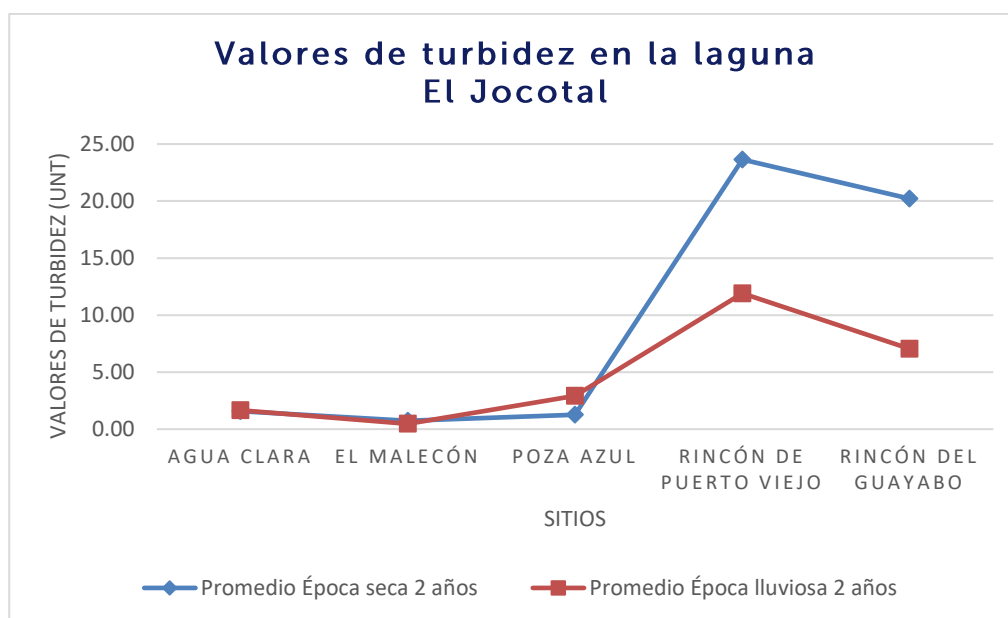


Figura 11. Promedios de turbidez por sitio y época muestreada en dos años

Fuente: Proyecto MARN-JICA

Resumen de los resultados de parámetros bimensuales *in situ*

En general, se puede ver que los promedios totales para la laguna El Jocotal, de los siete parámetros tomados *in situ*, 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 época y por sitio, muestran algunos parámetros fuera de los valores guía de aptitud.

Por ejemplo, el promedio de Oxígeno Disuelto, en época lluviosa, muestra un valor por debajo del valor guía para la aptitud de agua, para recreación con contacto directo, que debe ser ≥ 5 mg/L. Pues resultó con 3.93 mg/L y el promedio por sitio, muestra que El Malecón tiene el valor más bajo con 3.71 mg/L (Tabla 14). Esto puede estar influenciado por diferentes factores, entre ellos, la contaminación, materia orgánica en descomposición, actividad humana, etc.

Por otro lado, en Rincón Puerto Viejo, se logró observar la más baja transparencia (38 cm) y, más alta turbidez (17.77 UNT), lo que refleja una relación inversamente proporcional, entre estos parámetros.

En este sitio también se registró el agua con características: turbia y olor fétido, entre los meses de agosto y octubre, lo que puede estar influenciado por la acumulación de materia orgánica en esa área llevada por las corrientes de aire y lluvia.

En cuanto a la salinidad, los valores no sobrepasaron los 0.3 % 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	S.D.	----	< 120	≥ 5	S.D.	≤ 50
Valor guía (**)	6.5-8.4	----	< 1500	----	----	----	----
Valor guía (***)	----	----	≤ 700	----	----	----	----
Promedio general en la laguna	7.10	29.96	54.47	69	6.11	9.08	5.52
Promedio época seca	7.30	29.93	59.07	59	8.26	9.44	9.48
Promedio época lluviosa	6.90	29.96	49.87	78	3.96	8.73	4.80

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; S.D.: Sin Datos. Dato en color rojo representa estar fuera del valor guía.

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

b) Parámetros de calidad de agua medidos a través de análisis de laboratorio

Durante los dos años de muestreos bimensuales, se realizaron cuatro tomas de muestras de agua para análisis de laboratorio en los siguientes meses: octubre 2017, agosto 2018, febrero 2019 y octubre 2019. Las muestras fueron tomadas en cuatro de las cinco estaciones de muestreo en El Jocotal: Rincón Puerto Viejo, Poza Azul, Agua Clara y Malecón (Tabla 20). A continuación, se describen los resultados por cada uno de los parámetros medidos:

a. Coliformes fecales

El promedio de coliformes fecales en laguna El Jocotal fue de 11,417 NMP/100 mL. El sitio El Malecón mantiene los valores más altos, con un promedio de 44,135 NMP/100 y, los valores más bajos, se encontraron en Rincón Puerto Viejo con 236 NMP/100 mL.

El promedio para la época seca fue de 43,493 NMP/100 mL (abarca solo una temporada) y, el promedio para época lluviosa fue de 725 NMP/100 mL (abarca tres temporadas), ver Tabla 15 y Figura 12.

Tabla 15.

Promedios de cantidad de coliformes fecales (NMP/100 mL) por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal

Época/ Sitio	Puerto Viejo	Poza Azul	Agua Clara	Malecón	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	14	14	130	920	270
Época lluviosa año 2018	130	110	79	220	135
Época lluviosa año 2019	400	790	490	5400	1770
Época seca año 2019	400	270	3300	170,000	43,493
Promedio total	236	296	1000	44,135	11,417

Fuente: Proyecto MARN-JICA

Los sitios de Puerto Viejo, Poza Azul y Agua Clara presentaron registros aceptables en el año 2017 y 2018, pues no sobrepasaron el valor guía para recreación con contacto directo (< 200).

Sin embargo, este valor guía fue sobrepasado a partir del año 2019 y, los sitios de Agua Clara y Malecón, sobrepasaron, además, el valor guía de aptitud de agua para consumo de especies de producción animal (≤ 1000 NMP/100 mL).

Se realizó una comparación de los valores entre las tres temporadas lluviosas y se observó que hubo una tendencia a aumentar, lo que puede estar relacionado a la cantidad de lluvia recibida en el último año (2019), que pudo haber arrastrado mayor cantidad de agua contaminada de los ríos y quebradas de invierno, que desembocan en la laguna (Figura 12).

El sitio que se mantuvo con los mayores valores fue El Malecón, lo cual tiene sentido, ya que se encuentra más expuesto a actividades humanas por su ubicación a la orilla de la laguna.

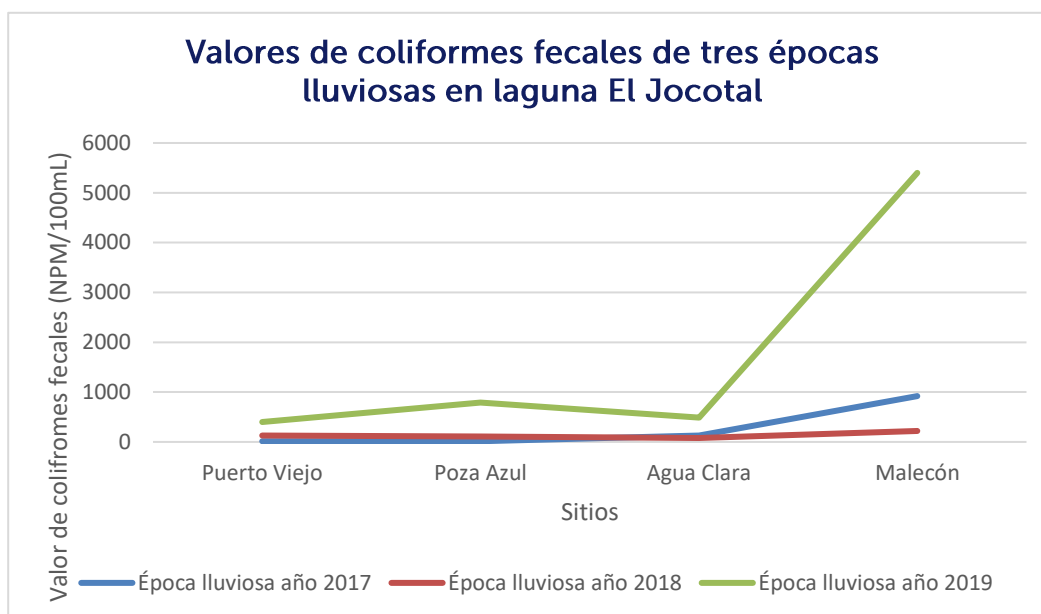


Figura 12. Promedios de coliformes fecales, por sitio, en tres temporadas lluviosas, en la laguna El Jocotal

Fuente: Proyecto MARN-JICA

b. Fosfatos (PO_4^{3-})

En cuanto a los valores de fosfatos, la Laguna cuenta con un promedio de 0.75 mg/L. Desde el 2017 al 2019, se ha logrado abarcar tres temporadas lluviosas, teniendo un promedio de 0.41 mg/L. Pero, solamente se tienen datos de una temporada seca, con un promedio de 1.78 mg/L, siendo un tanto mayor en esta última. La presencia de fosfatos en el agua puede ser de procedencia variada, entre ellos, los fertilizantes del suelo, excreciones humanas y de animales, detergentes y productos de limpieza.

Tabla 16.

Promedios de cantidad de fosfatos (mg/L) por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal

Época/ Sitio	Puerto Viejo	Poza Azul	Agua Clara	Malecón	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	0.94	0.80	0.62	0.50	0.72
Época lluviosa año 2018	-----	0.30	0.20	0.20	0.23
Época lluviosa año 2019	1.03	0.07	0.03	0.04	0.29
Época seca año 2019	4.11	1.32	0.87	0.81	1.78
Promedio	2.03	0.62	0.43	0.39	0.75

Fuente: Proyecto MARN-JICA

c. Nitratos (NO_3^-)

Con respecto a los Nitratos, el promedio en la laguna fue de 6.70 mg/L. Si lo comparamos por época, se obtuvo que el promedio de tres épocas lluviosas fue de 5.98 mg/L y, el promedio para una temporada seca fue de 8.84 mg/L. Al observar los valores por sitios, los valores reflejaron en Rincón Puerto Viejo el valor más bajo (4.98 mg/L) y, el valor más alto, en El Malecón (8.72 mg/L) (Figura 13). También se hizo una comparación de tres épocas lluviosas en tres años y, se observó un leve aumento, de 3.15 mg/L en 2017 a 9.38 mg/L en 2019. Como se puede observar, los promedios de Nitratos por sitio son mayores al valor guía de ≤ 5 mg/L, para riego sin restricciones, excepto para Rincón Puerto Viejo que mantiene el valor más bajo de 4.98 mg/L.

Tabla 17.

Promedios de cantidad de nitratos (mg/L) por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal

Época/ Sitio	Puerto Viejo	Poza Azul	Agua Clara	Malecón	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	0.14	0.04	3.96	8.45	3.15
Época lluviosa año 2018	-----	3.69	5.79	6.8	5.43
Época lluviosa año 2019	2.96	11.63	12.02	10.89	9.38
Época seca año 2019	11.83	5.34	9.48	8.72	8.84
Promedio	4.98	5.18	7.81	8.72	6.70

Fuente: Proyecto MARN-JICA

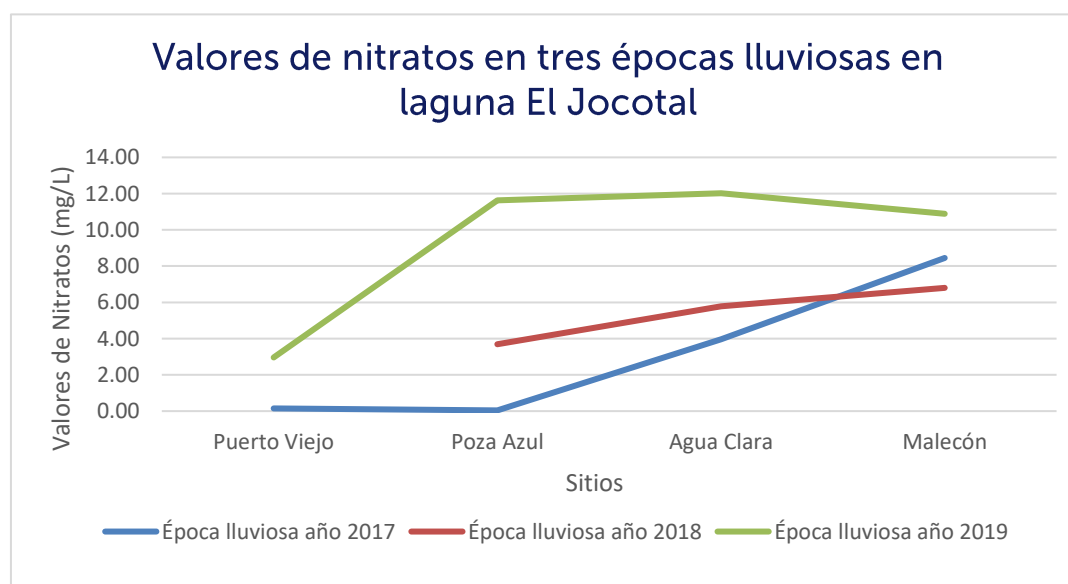


Figura 13. Promedios de nitratos en tres temporadas lluviosas por sitio en laguna El Jocotal. Fuente: Proyecto MARN-JICA.

d. Nitritos (NO_2^-)

Existen registros entre 0.01 a 0.047 mg/L, para el 2017 y 2019, respectivamente. Estos valores no sobrepasan el valor guía para consumo de especies de producción animal, que es de ≤ 10 .

e. Carbonato (C)

Los valores de carbonato en la laguna El Jocotal varía de 0 a 16.80 mg/L, siendo en agosto 2018, el mayor valor.

f. Bicarbonato (NaHCO_3)

El promedio de bicarbonato para la laguna El Jocotal es de 179.47 mg/L. El valor guía de bicarbonato debería estar en ≤ 91.525 mg/L, para aptitud de agua para riego, sin restricción. Sin embargo, se puede ver que dicho valor ha sido sobrepasado, siendo Poza Azul la estación con el promedio más alto de bicarbonato (194.27 mg/L).

Solamente, en el año 2017, se tuvo un promedio debajo de límite del valor guía con 56.73 mg/L, en la época lluviosa. 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, puede estar influenciando que los valores sean mayores al valor guía.

Tabla 18.

Promedios de bicarbonato (mg/L) por época en cada sitio muestreado en laguna El Jocotal

Época/ Sitio	Puerto Viejo	Poza Azul	Agua Clara	Malecón	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	46.36	52.46	61.00	67.10	56.73
Época lluviosa año 2018	329.40	336.72	305.00	229.36	300.12
Época lluviosa año 2019	225.29	191.00	191.00	177.00	196.07
Época seca año 2019	134.05	196.89	169.66	159.19	164.95
Promedio total	183.78	194.27	181.67	158.16	179.47

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

g. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno se encontró entre 7.78 mg/L (en Poza Azul, durante la época seca de 2019) y 75.57 mg/L (en Rincón Puerto Viejo, durante la época lluviosa del 2019). En algunos datos, los valores reflejaron un valor <16.84 mg/L, sin especificar la cantidad. En general, el valor guía de DQO es ≥ 5 mg/L, por lo que se reflejan valores aceptables de aptitud de agua para recreación con contacto directo.

h. Nitrógeno Amoniacal y Nitrógeno Total (N)

Solamente se tienen valores de nitrógeno amoniacal para el año 2018, en el cual oscilaron entre 0.31 mg/L en Rincón Puerto Viejo a 0.08 mg/L en Malecón y Poza Azul. En cuanto al Nitrógeno Total, el promedio para la Laguna fue de 41.89 mg/L. El valor más alto fue registrado en la época lluviosa de 2018, con 70.03 mg/L. En la época lluviosa del 2017, el dato reflejado fue de 0. En cuanto a los sitios, Agua Clara presentó el promedio mayor con 63.17 mg/L. Mientras que, en el resto de los promedios ninguno sobrepasó los 35 mg/L.

Tabla 19.

Promedios de nitrógeno total por época, en cada sitio muestreado, en la laguna El Jocotal.

Época/ Sitio	Puerto Viejo	Poza Azul	Agua Clara	Malecón	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Época lluviosa año 2018	63.03	70.03	70.03	77.04	70.03
Época lluviosa año 2019	58.81	27.27	46.31	28.98	40.34
Época seca año 2019	17.14	42.5	136.34	32.7	57.17
Promedio total	34.75	34.95	63.17	34.68	41.89

Fuente: Proyecto MARN-JICA

i. Mercurio (Hg)

En agosto 2018, se detectó presencia de mercurio en tres sitios: Rincón Puerto Viejo (0.018 mg/L) y Poza Azul (0.0104 mg/L). Mientras que, en el año 2019, se detectó en El Malecón con 0.0006 mg/L.

Los valores de 2018, se encontraron levemente arriba del valor guía que es <0.01 mg/L, para aptitud de agua para consumo de especies de producción animal y, el valor de El Malecón se encontró por debajo de ese valor guía.

Por lo tanto, la condición de la Laguna se encuentra aceptable para dicha aptitud y parámetro. Sin embargo, es necesario seguir monitoreando los cambios.

Tabla 20.

Resultados de los análisis de laboratorio para las muestras de agua de la laguna El Jocotal (octubre 2017 hasta agosto 2019)

Fecha	Sitio	Coliformes fecales NMP/100 mL	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Carbonato	Bicarbonato	DQO (mg/L)	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno (mg/L)	Mercurio (mg/L)
		< 200*	S.D.	≤ 5**	≤ 10***	S.D.	≤ 91.525**	≥ 5*	S.D.	S.D.	< 0.01***
		≤ 1000**									
24-oct-17	Rincón Puerto Viejo	14	0.94	0.14	N.D.	0.0000	46.36	< 16.84		0	N.D.
22-ago-18		130	N.D.	N.D.	0.02	0.0000	329.4	< 16.84		63.03	0.018
20-feb-19		78	1.03	2.96	0.009	< 2	225.29	75.57	0.31	58.81	N.D.
20-ago-19		400	4.11	11.83	0.067	0	134.05	18.64		17.14	N.D.
24-oct-17	Poza Azul	14	0.80	0.04	0.02	0.0000	52.46	17.72		0	N.D.
22-ago-18		110	0.30	3.69	0.30	0.0000	336.72	31.87		70.03	0.0104
20-feb-19		270	0.07	11.63	0.027	< 2	191	14.45	0.08	27.27	N.D.
20-ago-19		790	1.32	5.34	0.104	0	196.89	7.78		42.5	ND
24-oct-17	Agua Clara	130	0.62	3.96	0.04	0.0000	61.00	< 16.84		0	N.D.
22-ago-18		79	0.20	5.79	0.28	0.0000	305.00	< 16.84		70.03	N.D.
20-feb-19		3,300	0.03	12.02	0.027	< 2	191.00	12.05	0.09	46.31	N.D.
20-ago-19		490	0.87	9.48	0.056	0	169.66	< 6.18		136.34	N.D.
24-oct-17	Malecón	920	0.5	8.45	0.01	0.0000	67.1	N.D.		0	N.D.
22-ago-18		220	0.20	6.8	0.02	16.8000	229.36	N.D.		77.04	N.D.
20-feb-19		170,000	0.04	10.89	0.003	< 2	177.00	12.05	0.08	28.98	0.0006
20-ago-19		5400	0.81	8.72	0.047	0	159.19	< 6.18		32.7	N.D.

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

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; N.D.: No Detectable; S.D.: Sin Datos; Datos en color rojo y sombreados de amarillo sobrepasan el valor guía de aptitud para recreación con contacto directo y, los de color rojo, sobrepasan el valor guía de aptitud para riego sin restricciones.

Propuesta de monitoreo de calidad de agua para el año 2021

A partir de los resultados, de los muestreos en la laguna El Jocotal, se propone que, para el año 2020, se realice el monitoreo de forma trimestral en tres estaciones: 1) Rincón Puerto Viejo 2) Rincón El Güayabo y 3) Agua Clara (Figura 14b), de tal manera que, los costos sean menores, en los sitios idóneos seleccionados y manteniendo la calidad de los datos.

Se abarcarían dos meses de época seca (marzo y diciembre) y, dos meses en época lluviosa (junio y septiembre), teniendo un total de cuatro muestreos en el año. Los meses para la toma de muestras de agua, para análisis de laboratorio se harán siempre dos veces en el año, en el mes de marzo y septiembre.

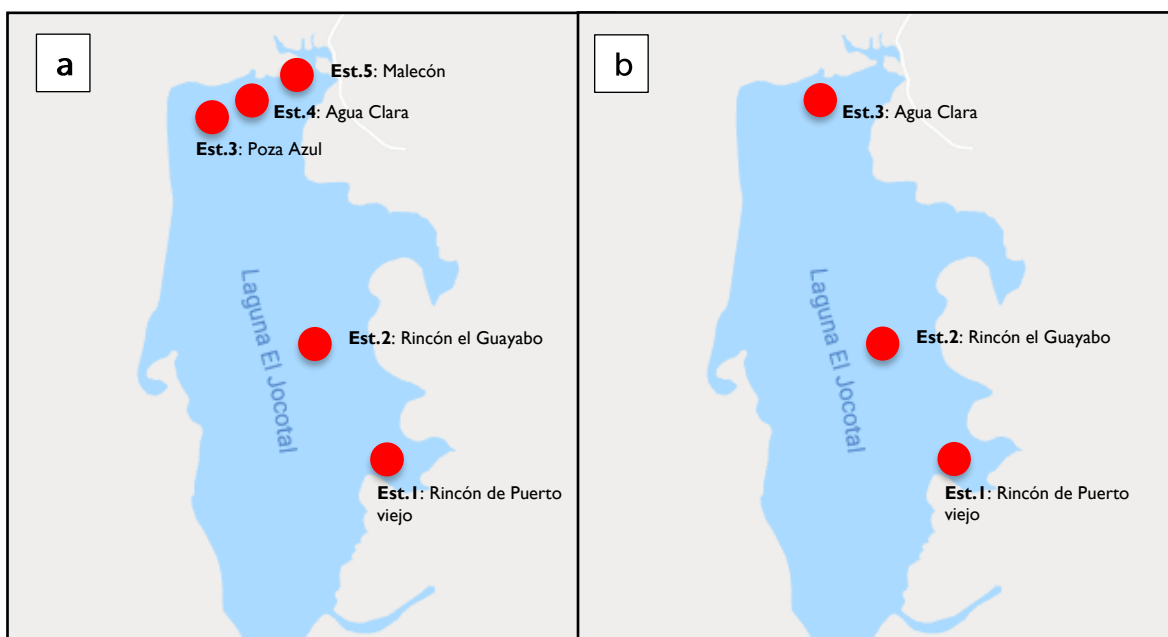


Figura 14. a) estaciones de monitoreo de calidad de agua en 2019; b) estaciones propuestas para 2020 en laguna El Jocotal.
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Conclusiones

- a) En general, los promedios de cada uno de los siete parámetros tomados *in situ* (pH, conductividad, clorofila, oxígeno disuelto, turbidez, temperatura y transparencia), se encuentran dentro de los valores aceptables de aptitud de agua para recreación con contacto directo, riego sin restricciones y consumo de especies de producción animal. A excepción de la época lluviosa, que muestra un promedio total de oxígeno disuelto por debajo del valor aceptable y, el sitio El Malecón, muestra uno de los valores más bajos.
- b) Los resultados de los análisis de laboratorio permiten tener un escenario diferente en cuanto a la calidad de agua de la laguna El Jocotal, ya que muestra que no es apta para recreación con contacto directo ni para riego sin restricciones, debido a que el promedio total, sobrepasa los valores guía de cantidad de coliformes fecales. Los valores de coliformes fecales aumentaron en el año 2019, por lo que se debe seguir monitoreando para detectar algún cambio.
- c) En cuanto a la aptitud de agua para riego sin restricciones, se encontró que el promedio de Bicarbonato se encuentra arriba del valor guía para dicho uso en todos los sitios muestreados. De igual manera, para el promedio de Nitritos, excepto Puerto Viejo, que reflejó un valor levemente bajo al valor guía para dicho uso.
- d) Con respecto a la aptitud de agua para consumo de especies para producción animal, los promedios reflejan ser aceptables para dicho uso.

Referencia bibliográfica

MARN. 2017. Ficha Ramsar del área natural protegida laguna El Jocotal. Documento no publicado. Proyecto MARN-JICA. 58 pág.



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES



Proyectos para el Manejo Integral
de los humedales en lagunas de **Olomega y El Jocotal**

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

