



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Informe anual de calidad de agua: **laguna de Olomega**

Año 2019





MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Informe anual de calidad de agua: **laguna de Olomega**

Año 2019

Informe anual de calidad de agua de la laguna de Olomega. 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 del MARN

Edición y diseño

Gerencia de Comunicaciones del MARN

Primera edición

Diciembre, 2020

El Informe 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://www.youtube.com/marnsv)

Contenido

Introducción.....	8
Metodología de trabajo.....	10
Resultados de calidad de agua de la laguna de Olomega	16
Conclusiones	32
Referencia bibliográfica.....	33

Listado de Tablas

Tabla 1	Sitios de muestreo de calidad de agua en laguna de Olomega.
Tabla 2	Parámetros monitoreados bimensualmente en la laguna de Olomega.
Tabla 3	Parámetros medidos en el análisis de laboratorio de las muestras de agua en laguna de Olomega 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	Promedios de pH, por época y por cada sitio muestreado, en la laguna de Olomega.
Tabla 8	Promedios de temperatura, por época, en cada sitio muestreado, en la laguna de Olomega.
Tabla 9	Promedios de conductividad, por época y por cada sitio muestreado, en la laguna de Olomega.
Tabla 10	Promedios de transparencia, por época y por sitios muestreados, en la laguna de Olomega.
Tabla 11	Promedios de OD, por época y por sitio muestreado, en la laguna de Olomega.

Tabla 12	Promedios de clorofila, por época y por sitio muestreado, en laguna de Olomega.
Tabla 13	Promedios de turbidez, por época y por sitio muestreado, en laguna de Olomega.
Tabla 14	Resumen de los resultados de los parámetros muestreados, en la laguna de Olomega 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 de Olomega
Tabla 16	Promedios de cantidad de fosfatos, por época y, por sitio muestreado, en la laguna de Olomega.
Tabla 17	Promedios de cantidad de nitratos, por época, en cada sitio muestreado, en la laguna de Olomega.
Tabla 18	Promedios de bicarbonato, por época, en cada sitio muestreado, en la laguna de Olomega.
Tabla 19	Promedios de nitrógeno total, por época, en cada sitio muestreado, en la laguna de Olomega.
Tabla 20	Resultados de los análisis de laboratorio, para las muestras de agua de la laguna de Olomega (octubre 2017 hasta agosto 2019).

Listado de Figuras

Figura 1	a) sitio de muestreo “El Brazo” (desembocadura del río San Antonio); b) sitio de muestreo El Centro de laguna de Olomega.
Figura 2	Sitios de muestreo para la evaluación de la calidad de agua en la laguna de Olomega.
Figura 3	a) Guardarrecursos, Isidro Flores, tomando los parámetros de monitoreo de calidad de agua; b) Guardarrecursos, Amilcar López, tomando el dato de turbidez, en laguna de Olomega.
Figura 4	Toma de muestras de agua utilizando la botella de Van Dorn, en la laguna de Olomega.
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 muestrada, en dos años.
Figura 11	Promedios de turbidez, por sitio y época muestreada, en dos años.
Figura 12	a) Estaciones de monitoreo de calidad de agua en 2019; b) Estaciones propuestas para 2020, en la laguna de Olomega.

Siglas y acrónimos

ANP	Área Natural Protegida
CCME	<i>Canadian Council of Ministers 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
USEPA	United States Environmental Protection Agency

Simbología

$\leq$	Menor o igual que
$\geq$	Mayor o igual que
$<$	Menor que
%	Porcentaje
$\frac{1}{2}$	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
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

La laguna de Olomega y los humedales que la rodean, se sitúan en una llanura que limita al sur, con los acantilados de la cordillera de Jucuarán y, al noroeste con el río Grande de San Miguel. Cuenta con 7556.8 hectáreas y, se encuentra ubicada, entre los departamentos de San Miguel y La Unión.

Dicho humedal fue declarado de Importancia Internacional el 2 de Febrero de 2010, por la Convención RAMSAR, siendo el tercer humedal con dicha clasificación en el país (MARN, 2017).

El espejo de agua de superficie es variable, con una profundidad media de 2.9 metros y, en cuyo interior, aparecen las islas de Olomega y Olomeguita, junto con algunos pequeños islotes ubicados en el sector suroriental de la laguna (MARN, 2017).

Durante los meses de la época lluviosa, la laguna de Olomega recibe el agua del río Grande de San Miguel, la cual alimenta y drena la Laguna. Los principales núcleos humanos se sitúan sobre las orillas de la ribera sur y al oriente de la Laguna.

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 es un insumo al momento de implementar acciones de manejo que eviten que la degradación del recurso continúe o se incremente.

En el siguiente reporte anual, se muestran los resultados obtenidos de los monitoreos de calidad en la laguna de Olomega, desde octubre 2017 hasta diciembre 2019.

De igual forma, se incluyen algunos análisis descriptivos por cada uno de los parámetros medidos, en los sitios de muestreo y, se dan a conocer algunas recomendaciones, para el monitoreo de calidad de agua de 2020.



Figura 1. a) Sitio de muestreo “El Brazo” (desembocadura del río San Antonio; b) Sitio de muestreo El Centro en laguna de Olomega.
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Metodología de trabajo

Sitios de muestreo

La laguna de Olomega cuenta con siete sitios de muestreo, para la evaluación de la calidad de agua. A continuación, se detalla la ubicación geográfica de estos sitios (Tabla 1):

Tabla 1.

Sitios de muestreo de calidad de agua en la laguna de Olomega.

Nº	Sitio de muestreo	Ubicación	Coordenadas norte	Coordenadas noroeste
1	El Brazo (río San Antonio)	Situado a 50 metros de la desembocadura del río San Antonio.	13.30990	88.03173
2	La Chiricana	En dirección al bosque, estacionalmente saturado.	13.33680	88.06258
3	El Desagüe	En dirección suroeste del punto 2.	13.31393	88.08317
4	Centro de la Laguna	Ubicado justo al centro de la laguna de Olomega.	13.30957	88.05737
5	La Estrechura	Se encuentra entre el caserío La Estrechura y la isla que está frente a esta comunidad.	13.28906	88.07074
6	Rincón El Zapotal	En dirección este de la isla El Borbollón.	13.29363	88.33107
7	El Malecón	A unos 50 metros del embarcadero, en dirección este.	13.30823	88.02831

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

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

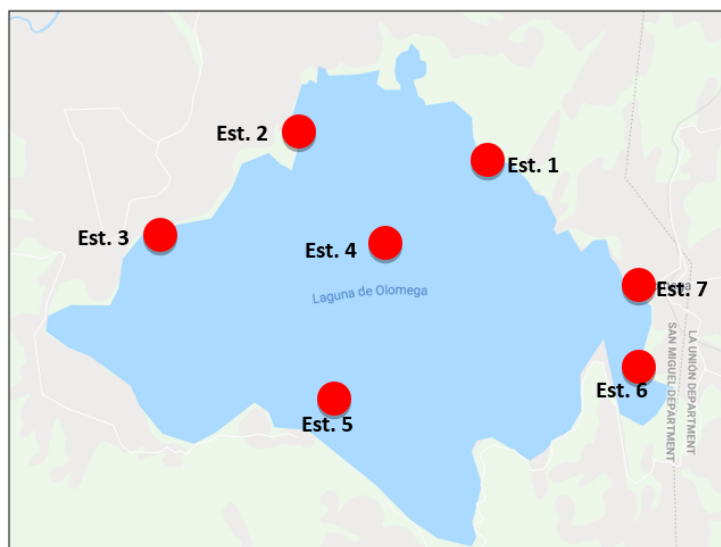


Figura 2. Sitios de muestreo, para la evaluación de la calidad de agua, en la Laguna de Olomega.
Fuente: MARN-JICA.

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). A continuación, se muestran los parámetros monitoreados (Tabla 2):

Tabla 2
Parámetros monitoreados bimensualmente, en la laguna de Olomega

Parámetros	Unidades
Temperatura de agua	°C
pH	Unidades de 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

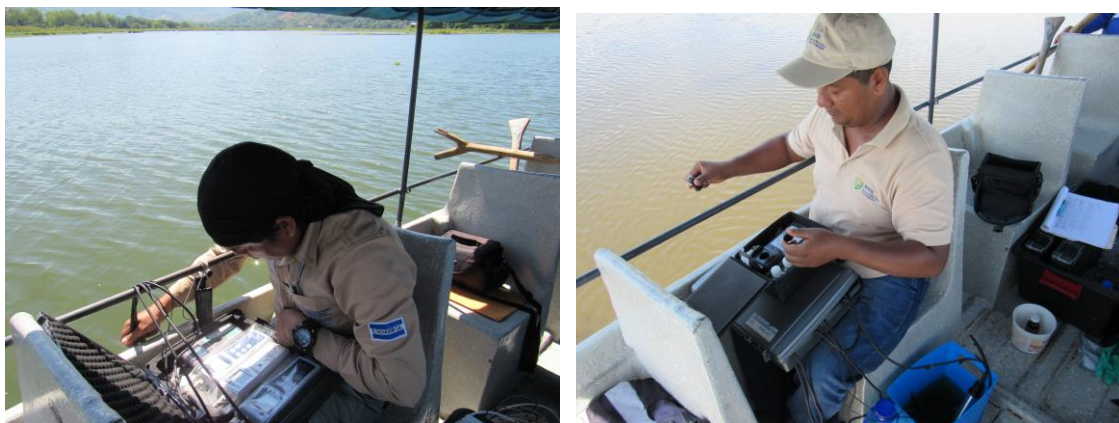


Figura 3. a) guardarrecursos, Isidro Flores, tomando los parámetros de monitoreo de calidad de agua; b) guardarrecursos, Amilcar López, tomando el dato de turbidez, en la laguna de Olomega.

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Además, se planificó realizar cada seis meses, la toma de muestras de agua para los análisis de laboratorio.

Sin embargo, se logró realizar en los meses de 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. 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 de Olomega, 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, 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.

Parámetro	Volumen	Tipo de botella *	Nota
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, en el laboratorio del MARN podría realizarse los análisis: Tel. 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 sulfúrico; FUSADES: Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social; MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Fuente: Proyecto MARN-JICA.



Figura 4. Toma de muestras de agua utilizando la botella de Van Dorn, en la laguna de Olomega.
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.

Sin embargo, 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
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; NMP: Número Más Probable; 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 (CCME).

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: República 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).

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 de olomega

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

pH: el promedio de pH, en la laguna de Olomega fue de 7.93 unidades de pH. El promedio, entre las dos temporadas, seca y lluviosa, de 2018 y 2019, fue similar entre 7.95 y 7.90, respectivamente.

Por otro lado, al comparar el pH, entre los siete sitios, los promedios oscilaron entre 6.94 a 8.30, siendo el más bajo, El Brazo y, el más alto, en La Estrechura (Tabla 7 y Figura 3).

Tabla 7

Promedios de pH, por época y por sitio muestreado, en la laguna de Olomega.

Estación	Promedio Época seca 2 años	Promedio Época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Centro	8.07	8.38	8.22
El Brazo	7.26	6.63	6.94
El Desague	8.17	8.20	8.18
El Malecón	8.28	8.13	8.20
La Chiricana	7.93	7.66	7.79
La Estrechura	8.03	8.57	8.30
Rincón El Zapotal	7.935	7.75	7.84
Promedio total	7.95	7.90	7.93

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

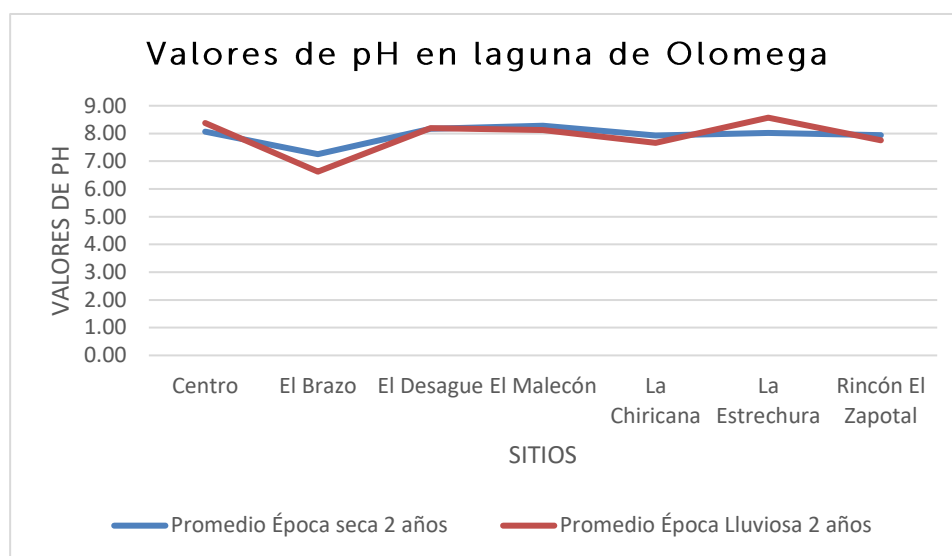


Figura 5. Promedios de pH, por sitio y época muestreada, en dos años.
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Temperatura: la laguna de Olomega tiene un promedio de temperatura de 30.06 °C.

Los promedios de temperatura, en época seca, fueron más bajos que en época lluviosa, con 29.09 y 31.03, respectivamente.

En la temperatura por sitio, se observó que todos los sitios tuvieron un promedio arriba de 30 °C, excepto El Brazo y la Chiricana (Tabla 8 y Figura 6).

Tabla 8.

Promedios de temperatura, por época, en cada sitio muestreado, en laguna de Olomega

Estación	Promedio °C Época seca 2 años	Promedio °C Época lluviosa 2 años	Promedio °C por sitio
Centro	29.42	30.86	30.14
El Brazo	27.95	29.28	28.62
El Desague	28.97	31.47	30.22
El Malecón	29.48	31.83	30.66
La Chiricana	28.53	30.70	29.62
La Estrechura	29.75	31.72	30.73
Rincón El Zapotal	29.52	31.37	30.44
Promedio total	29.09	31.03	30.06

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

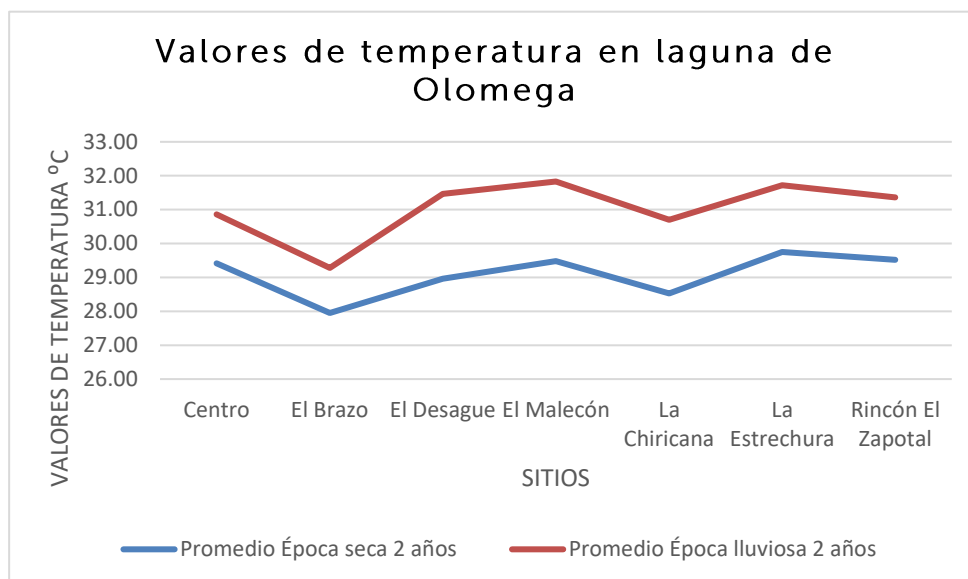


Figura 6. Promedios de temperatura, por sitio y época muestreada, en dos años.
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Conductividad: el promedio fue de 42.27 uS/cm. Al analizar los promedios por época, se encontró que en época seca, la conductividad fue mayor, con promedio de 44.04 uS/cm y, menor en época lluviosa, con promedio 40.49 uS/cm.

En cuanto a los sitios, se encontró el promedio de conductividad más baja de 38.39 uS/cm, en El Brazo y, 43.98 uS/cm, en La Chiricana (Tabla 9 y Figura 7).

Tabla 9.

Promedios de conductividad, por época y por cada sitio muestreado, en la laguna de Olomega.

Estación	Promedio Época seca 2 años	Promedio Época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Centro	43.81	38.57	41.19
El Brazo	43.93	32.85	38.39
El Desague	43.96	44.49	44.22
El Malecón	43.68	42.40	43.04
La Chiricana	45.00	42.96	43.98
La Estrechura	43.37	43.54	43.46
Rincón El Zapotal	44.57	38.65	41.61
Promedio total	44.04	40.49	42.27

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

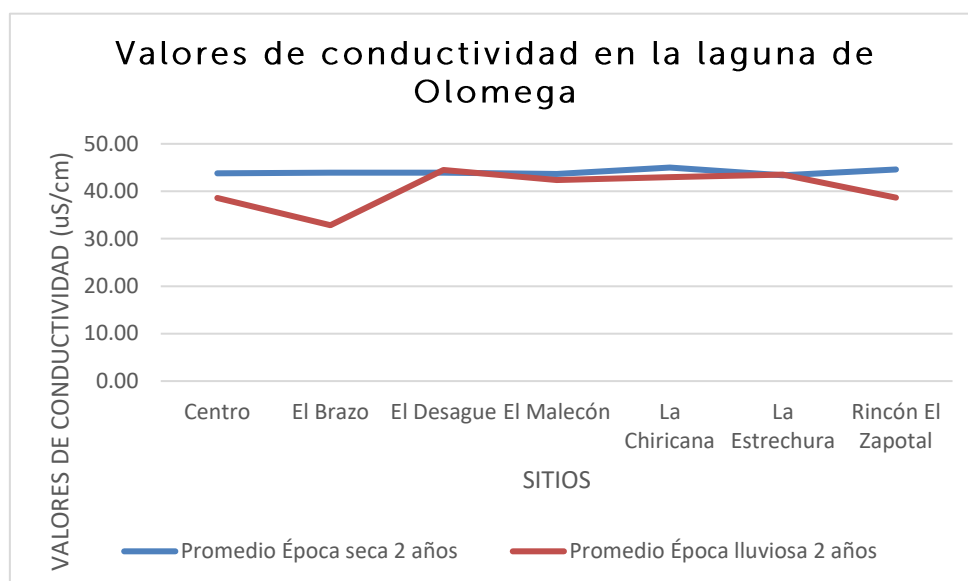


Figura 7. Promedios de conductividad, por sitio y época muestreada, en dos años.
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Transparencia: la laguna de Olomega tiene un promedio de transparencia de 40 cm. Al observar los promedios, entre temporada seca y lluviosa, durante dos años, se encontró que existe poca variación, pues presentó 46 y 41 cm, respectivamente.

Los datos por sitios, reflejan una mayor transparencia en La Chiricana y, un valor más bajo, en Rincón El Zapotal, con 37 cm. 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

Promedios de transparencia por época y por sitios muestreados en laguna de Olomega

Estación	Promedio Época seca dos años	Promedio Época lluviosa dos años	Promedio por sitios
Centro	54	45	41
El Brazo	57	36	40
El Desague	45	46	41
El Malecón	39	32	40
La Chiricana	52	51	42
La Estrechura	48	42	39
Rincón El Zapotal	29	33	37
Promedio total	46	41	40

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

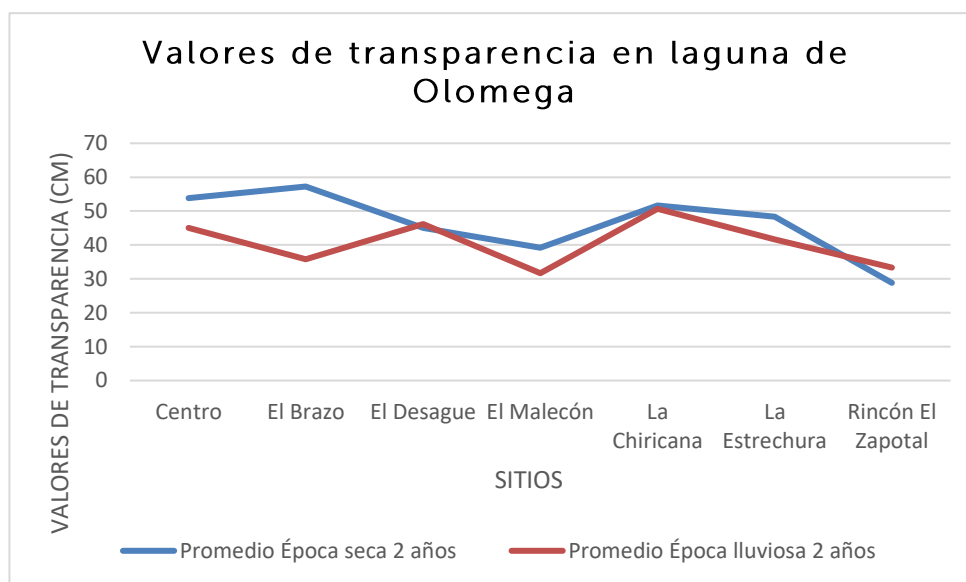


Figura 8. Promedios de tranparencia, por sitio y época muestreada, en dos años.
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Oxígeno Disuelto (OD): en la laguna de Olomega se tiene un promedio de Oxígeno Disuelto (OD) de 7.49 mg/L.

Los promedios por época seca y lluviosa, en dos años, fue de 7.97 mg/L y 7.02 mg/L, respectivamente, siendo mayor en época seca. Por otro lado, los promedios mostraron un valor bajo en El Brazo con 2.81 mg/L y, el mayor promedio de 10.51 mg/L, en El Malecón (Tabla 11 y Figura 9).

Tabla 11

Promedios de transparencia por época y por cada sitio muestreado en laguna de Olomega.

Estación	Promedio época seca dos años	Promedio época lluviosa dos años	Promedio por sitio
Centro	9.16	7.59	8.37
El Brazo	4.04	1.58	2.81
El Desague	9.30	6.12	7.71
El Malecón	9.98	11.03	10.51
La Chiricana	5.41	8.10	6.76
La Estrechura	9.23	7.63	8.43
Rincón El Zapotal	8.68	7.08	7.88
Promedio total	7.97	7.02	7.49

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

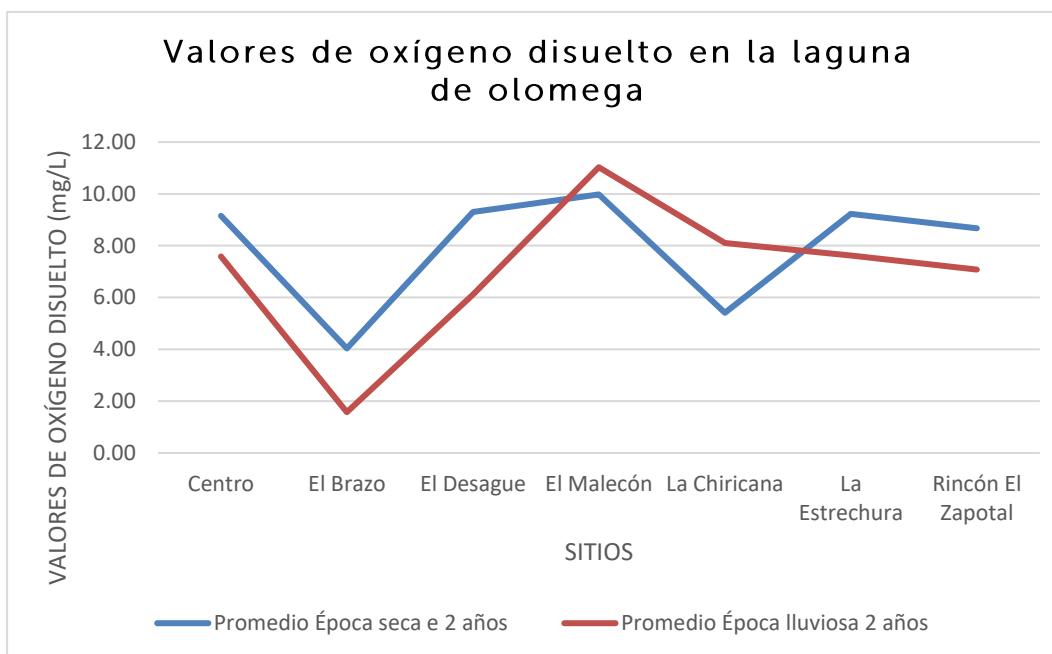


Figura 9. Promedios de oxígeno disuelto, por sitio y época muestreada, en dos años.
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$): el promedio en la laguna de Olomega fue de 16.51 $\mu g/L$. Para las épocas, seca y lluviosa, los promedios en los dos años, oscilaron entre 16.42 y 16.60 $\mu g/L$, respectivamente. El sitio donde se registró el mayor promedio de clorofila fue en Rincón El Zapotal con 19.04 $\mu g/L$ y, el valor más bajo fue en La Estrechura, con 14.64 $\mu g/L$ (Tabla 12 y Figura 10).

Tabla 12

Promedios de clorofila por época y por sitio muestreado en laguna de Olomega

Estación	Promedio de Época seca 2 años	Promedio Epoca lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Centro	16.18	16.05	16.11
El Brazo	15.85	20.98	18.41
El Desague	15.35	14.23	14.79
El Malecón	17.98	17.52	17.75
La Chiricana	14.99	14.62	14.80
La Estrechura	14.60	14.68	14.64
Rincón El Zapotal	20.00	18.12	19.06
Promedio	16.42	16.60	16.51

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

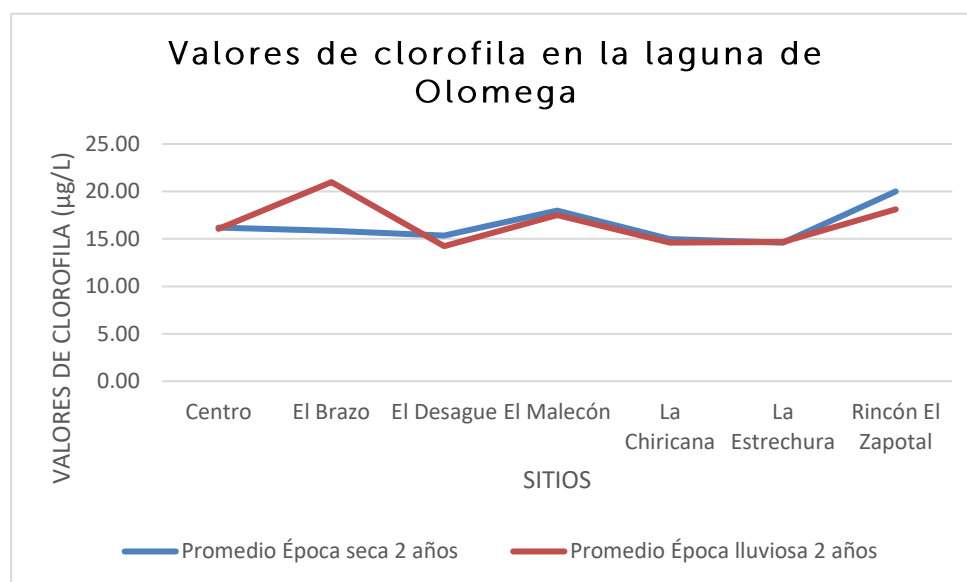


Figura 10. Promedios de clorofila por sitio y época muestreada en dos años
Fuente: Proyecto MARN-JICA.

Turbidez: el promedio de turbidez en la laguna de Olomega fue de 24.49 UNT. Para la época lluviosa, se obtuvo un promedio menor que en la época seca, teniendo 20.76 y 28.22 UNT, respectivamente. Los resultados por sitio, muestran que Rincón El Zapotal tuvo un promedio más alto, con 68.29 UNT y, la Chiricana el valor más bajo, con 10.96 UNT (Tabla 13 y Figura 11).

Tabla 13.

Promedios de transparencia por época y por sitio muestreado en laguna de Olomega.

Estación	Promedio época seca 2 años	Promedio época lluviosa 2 años	Promedio por sitio
Centro	20.31	10.32	15.31
El Brazo	9.27	21.98	15.62
El Desague	20.40	10.72	15.56
El Malecón	19.79	40.54	30.16
La Chiricana	11.23	10.69	10.96
La Estrechura	17.03	14.01	15.52
Rincón El Zapotal	99.52	37.05	68.29
Promedio total	28.22	20.76	24.49

Fuente: Proyecto MARN-JICA.

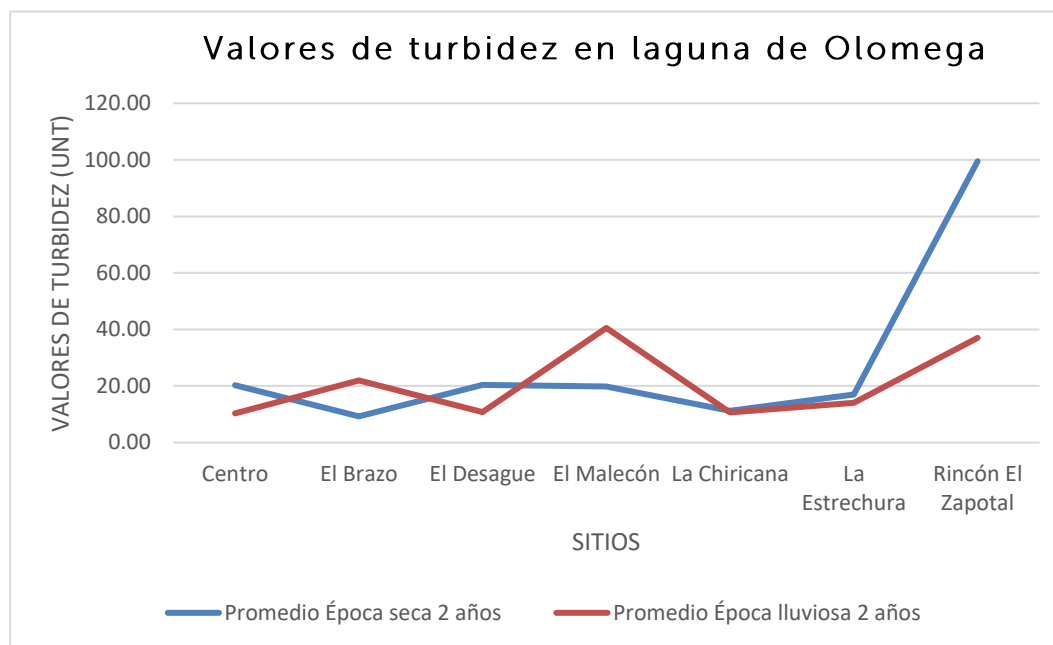


Figura 11. Promedios de turbidez por sitio y época muestreada en dos años
Fuente: Proyecto MARN-JICA

Resumen de los resultados de parámetros bimensuales *in situ*

En general, los promedios de cada uno 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 sitios, reflejan algunos resultados distintos al valor guía de la aptitud de agua, para recreación con contacto directo.

Por ejemplo, el promedio de Oxígeno Disuelto para El Brazo resultó con 2.81 mg/L, que está por debajo del valor guía de aptitud de agua, para recreación con contacto directo, que sugiere ser mayor o igual a 5 mg/L.

Igualmente, el promedio de la Turbidez para Rincón El Zapotal resultó con 68.29 UNT, lo que resulta mayor al valor guía, que sugiere que sea menor o igual a 50 UNT.

Estos registros pueden estar influenciados por diferentes factores, entre ellos, la contaminación, materia orgánica en descomposición, actividades humanas, etc.

En cuanto a la salinidad, el valor promedio no sobrepasan los 0.2 % en la laguna de Olomega.

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

Tabla 14

Resumen de los resultados de los parámetros muestreados en la laguna de Olomega 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	7.93	30.06	42.27	40	7.49	16.51	24.49
Promedio época seca	7.95	29.09	44.04	46	7.97	16.42	28.22
Promedio época lluviosa	7.90	31.03	40.49	41	7.02	16.60	20.76

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. S.D.: Sin Datos.

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 hicieron 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 tres de las siete estaciones de muestreo (La Chiricana, Centro de la Laguna y La Estrechura). A continuación, se describen los resultados por cada uno de los parámetros medidos:

a. Coliformes fecales

El promedio de coliformes fecales en la laguna de Olomega fue de 713 NMP/100 mL. Al observar los promedios por época, se obtuvo que en época seca 2019, el valor de coliformes fecales fue de 455 NMP/100 mL y, el promedio para época lluviosa (tres temporadas) fue de 799 NMP/100 mL.

De hecho, se logra observar que en la época lluviosa del 2019, se obtuvo el valor máximo de 2097 NMP/100 mL y, el valor mínimo en el año 2018, con 64 NMP/100 mL. La diferencia de los promedios por sitios fue evidente, teniendo La Estrechura como el sitio con el promedio más alto de 1496 NMP/100 mL y, el promedio más bajo en El Centro con 237 NMP/100 mL (Tabla 15 y Figura 12).

Tabla 15.

Promedios de cantidad de coliformes fecales (NMP/100 mL), por época, en cada sitio muestreado, en la laguna de Olomega.

Época/ Sitio	La Chiricana	Centro	La Estrechura	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	220	140	350	237
Época lluviosa año 2018	1.8	170	22	64
Época lluviosa año 2019	490	400	5400	2,097
Época seca año 2019	700	< 1.8	210	455
Promedio total	353	237	1496	713

Fuente: Proyecto MARN-JICA

Los promedios de coliformes fecales de los sitios como La Chiricana y El Centro, sobrepasan el valor guía de aptitud de recreación con contacto directo, que es de <200. Pero se encuentran en valores aceptables de aptitud para riego sin restricciones ≤ 1000 .

Sin embargo, el sitio La Estrechura sobrepasa el valor guía de ambos usos, por lo que el agua en este sitio no es apta para recreación con contacto directo, ni para riego sin restricciones. Esto puede deberse a que La Estrechura se encuentra cerca de la comunidad y, en esta zona, se descarga agua contaminada sin ningún tratamiento.

b. Fosfatos (PO_4^{3-})

En cuanto a los valores de fosfatos, la Laguna cuenta con un promedio de 1.31 mg/L. Desde el 2017 al 2019 se han logrado abarcar tres temporadas lluviosas, teniendo un promedio de 0.54 mg/L y, solamente, se tienen datos de una temporada seca con un promedio de 3.60 mg/L, siendo mayor en esta última.

Al observar los resultados por sitio, La Chiricana obtuvo el menor valor con 1.10 mg/L y, el mayor valor en El Centro con 1.82 mg/L (Tabla 16).

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 y por sitio muestreado en laguna de Olomega

Época/ Sitio	La Chiricana	Centro	La Estrechura	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	0.18	< 0.1	< 0.1	0.18
Época lluviosa año 2018	0.54	0.54	0.59	0.56
Época lluviosa año 2019	0.74	1.02	0.92	0.89
Época seca año 2019	2.95	3.91	3.93	3.60
Promedio total	1.10	1.82	1.81	1.31

Fuente: Proyecto MARN-JICA

c. Nitratos (NO_3^-)

Con respecto a los Nitratos, el promedio en la Laguna fue de 6.45 mg/L. Si lo comparamos por época, se obtuvo que el promedio de tres épocas lluviosas fue de 3.56 mg/L y, el promedio para una temporada seca fue de 15.13 mg/L, siendo mayor en esta última.

Por otro lado, en los valores por sitio, La Chiricana resultó con el valor más bajo (5.63 mg/L) y el valor más alto en La Estrechura (7.51 mg/L) (Tabla 17). Al comparar tres épocas lluviosas en tres años, se observa un leve aumento, de 0.91 mg/L en 2017 a 8.35 mg/L en 2019.

Los promedios de Nitratos por sitio son mayores al valor guía de ≤ 5 mg/L, para riego sin restricciones y, solamente, durante los años 2017 y 2018, estos valores se mantuvieron aceptables. Sin embargo, para 2019 los valores sobrepasaron ese valor guía.

Tabla 17.

Promedios de cantidad de nitratos (mg/L), por época en cada sitio muestreado, en la Laguna de Olomega.

Época / sitio	La Chiricana	Centro	La Estrechura	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	0.87	0.90	0.97	0.91
Época lluviosa año 2018	2.00	1.22	1.03	1.42
Época lluviosa año 2019	8.97	5.57	10.5	8.35
Época seca año 2019	10.69	17.16	17.55	15.13
Promedio total	5.63	6.21	7.51	6.45

Fuente: Proyecto MARN-JICA

d. Nitritos (NO_2^-)

Durante los años 2017 y 2018, los datos de nitritos no fueron detectables en la Laguna. Sin embargo, para el año 2019 (febrero y agosto), los nitritos sí fueron detectables.

En la época seca (febrero), los datos oscilaron entre 0.035 mg/L (La Chiricana) a 0.05 mg/L (Centro y La Estrechura).

Mientras que, para la época lluviosa (agosto), se obtuvo en La Chiricana un valor de 0.022 mg/L, El Centro fue de 0.055 mg/L y, en la Estrechura 0.05 mg/L. Estos valores no sobrepasan el valor guía para consumo de especies de producción animal que es de ≤ 10 .

e. Carbonato (C)

El promedio de carbonato en la Laguna fue de 16.06 mg/L. De las tres temporadas de época lluviosa, se obtuvo un valor de 0.000 mg/L en 2017, un promedio de 18.40 mg/L en 2018 y, para 2019 el resultado fue < 2 mg/L, sin especificar el dato exacto.

Por otro lado, en la época seca 2019, el promedio fue de 29.77 mg/L. Los promedios por sitio fueron similares, ya que oscilaron entre 18.52 mg/L (Chiricana) a 14.02 mg/L (El Centro).

f. Bicarbonato (NaHCO₃)

El promedio de bicarbonato para la laguna de Olomega fue de 165.08 mg/L. El valor guía de bicarbonato debería estar en ≤ 91.525 mg/L para aptitud de agua para riego sin restricción, sin embargo, dicho valor ha sido sobrepasado.

Solo en la época lluviosa del 2017, se obtuvo un promedio de 46.36 mg/L, un valor aceptable pues se encontraba por debajo del valor guía con 56.73 mg/L. Sin embargo, en el resto de las temporadas de 2018, 2019, los valores están por arriba del límite, lo mismo para los promedios por sitio.

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 cantidad de bicarbonatos (mg/L) por época en cada sitio muestreado en laguna de Olomega.

Época / sitio	La Chiricana	Centro	La Estrechura	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	48.80	43.92	46.36	46.36
Época lluviosa año 2018	214.72	297.68	275.72	262.71
Época lluviosa año 2019	193.00	185.00	189.00	189.00
Época seca año 2019	166.25	160.23	160.23	162.24
Promedio total	155.69	171.71	167.83	165.08

Fuente: Proyecto MARN-JICA

g. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO en la laguna de Olomega tiene un promedio de 59.44 mg/L. Los promedios por época fueron similares, ya que en una temporada de época seca se obtuvo 52.84 mg/L y, el promedio en tres temporadas de época lluviosa se obtuvo 61.64 mg/L.

En cuanto a los promedios por sitios, La Chiricana reflejó el promedio más bajo de 51.94 mg/L y, el valor más alto fue en La Estrechura con 68.09 mg/L.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), debe encontrarse en valores de ≥ 5 mg/L, por lo tanto, los valores son aceptables.

h. Nitrógeno amoniacal y Nitrógeno Total (N)

Solamente, se tienen valores de nitrógeno amoniacal, para el año 2018, en el cual oscilaron entre 0.52 mg/L en La Chiricana y 0.55 mg/L, en El Centro de la Laguna.

En cuanto al Nitrógeno Total, el promedio para la Laguna fue de 43.96 mg/L, siendo el valor más alto registrado, en la época lluviosa del 2019 con 118.12 mg/L, y en la época lluviosa del 2017, el dato más bajo reflejado fue de 0.

En cuanto a los sitios, La Chiricana presentó el mayor promedio con 82.36 mg/L, y el resto, los promedios oscilaron entre 21.95 mg/L (La Estrechura) y 27.56 mg/L (El Centro).

Tabla 19.

Promedios de cantidad de Nitrógeno Total (mg/L), por época en cada sitio muestreado, en laguna de Olomega.

Época / sitios	La Chiricana	Centro	La Estrechura	Promedio por sitio
Época lluviosa año 2017	0.00	0.00	0.00	0.00
Época lluviosa año 2018	21.01	28.01	14.01	21.01
Época lluviosa año 2019	273.30	44.69	36.36	118.12
Época seca año 2019	35.14	37.53	37.43	36.70
Promedio	82.36	27.56	21.95	43.96

Fuente: Proyecto MARN-JICA

i. Mercurio

Solamente, se tiene un dato de mercurio de 0.001 mg/L, en la época seca del 2019, en el sitio de La Chiricana.

Sin embargo, en la temporada lluviosa del 2019, no fue detectado y tampoco en el resto de los sitios.

Tabla 20.

Resultados de los análisis de laboratorio para las muestras de agua de la laguna de Olomegal (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)
	Valor guía	< 200* ≤ 1000**	S.D.	≤ 5**	≤ 10***	S.D.	≤ 91.525**	≥ 5*	S.D.	S.D.	< 0.01***
24-oct-17	La Chiricana	220	0.18	0.87	N.D.	0.00	48.80	22.15		0.00	N.D.
22-ago-18		< 1.8	0.54	2.00	N.D.	31.2000	214.72	55.25		21.01	N.D.
20-feb-19		490	0.74	8.97	0.022	< 2	193.00	82.76	0.55	273.30	0.001
20-ago-19		700	2.95	10.69	0.035	24.36	166.25	47.61		35.14	N.D.
24-oct-17	Centro	140	< 0.1	0.90	N.D.	0.0000	43.92	23.49		0.00	N.D.
22-ago-18		170	0.54	1.22	N.D.	9.6000	297.68	51.65		28.01	N.D.
20-feb-19		400	1.02	5.57	0.012	< 2	185.00	99.54	0.52	44.69	N.D.
20-ago-19		< 1.8	3.91	17.16	0.055	32.47	160.23	58.48		37.53	N.D.
24-oct-17	La Estrechura	350	< 0.1	0.97	N.D.	0.0000	46.36	84.56		0.00	N.D.
22-ago-18		22	0.59	1.03	N.D.	14.4000	275.72	56.59		14.01	N.D.
20-feb-19		5400	0.92	10.5	0.031	< 2	189.00	78.77		36.36	N.D.
20-ago-19		210	3.93	17.55	0.05	32.47	160.23	52.44		37.43	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 2020

A partir de los resultados de los muestreos en la laguna de Olomega, se propone para el año 2020 se realice el monitoreo de forma trimestral en cinco estaciones:

1) El Brazo (desembocadura río San Antonio), 2) El Desagüe, 3) Centro de la Laguna, 4) La Estrechura y 5) Rincón El Zapotal (Figura 14b).

De tal manera que, los costos sean menores, seleccionando los sitios idóneos y manteniendo la calidad de los datos.

Se abarcarán dos meses en 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 de toma de muestras de agua, para los análisis de laboratorio, se harán siempre dos veces en el año, en el mes de marzo y septiembre, en tres estaciones: Centro de la Laguna, La Estrechura y Rincón El Zapotal.

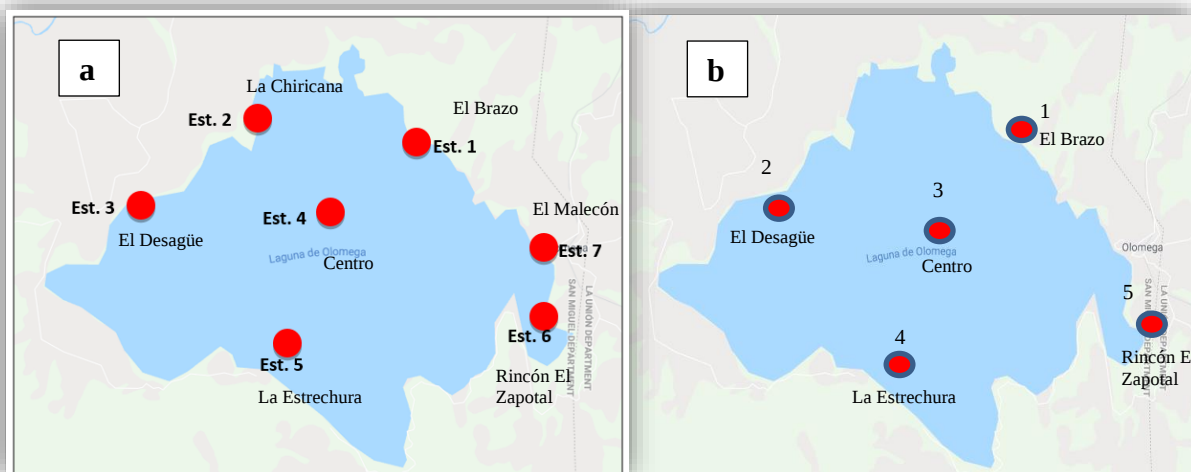


Figura 14. a) estaciones de monitoreo de calidad de agua, en 2019; b) estaciones propuestas, para 2020, en la laguna de Olomega.

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, 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.

Sin embargo, los datos de oxígeno disuelto por sitio, reflejaron que El Brazo está por debajo del valor guía de aptitud de agua para recreación con contacto directo y, en el Rincón El Zapotal, resultó la turbidez mayor al valor guía, esto sugiere la necesidad de seguir monitoreando los cambios en estas zonas.

- b) Los resultados de los análisis de laboratorio permiten tener un escenario diferente, en cuanto a la calidad de agua de la laguna de Olomega, ya que muestra que no es apta para recreación con contacto directo, debido a que sobrepasan los valores guía de cantidad de coliformes fecales.

- c) Además, en el sitio La Estrechura, los valores sobrepasan también la aptitud para riego sin restricciones, por lo cual no es apta para ninguno de los dos usos mencionados.

Esto puede deberse a que La Estrechura se encuentra cerca de la comunidad y, en esta zona se descarga agua contaminada sin ningún tipo de tratamiento. El promedio de bicarbonato también sobrepasa el valor guía, para la aptitud de agua para riego sin restricción.

- d) En cuanto a la aptitud de agua para consumo de especies de producción animal, solamente, se cuenta con el dato de conductividad que está dentro del rango aceptable. Además, la detección de mercurio solo ha sido en un sitio con un valor dentro del límite aceptable y, en la temporada lluviosa 2019, no se detectó mercurio en ninguno de los sitios muestreados en la Laguna.

Referencia bibliográfica

MARN. 2017. Ficha Ramsar de laguna de Olomega. Documento no publicado. Proyecto MARN-JICA.



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

