



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

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



Año 2018



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Reporte anual de calidad de agua:
laguna de Olomega

Año 2018

Reporte anual de calidad de agua: laguna de Olomega. 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://marn_elsalvador)

Contenido

Listado de Tablas.....	4
Listado de Figuras.....	5
Siglas y acrónimos.....	5
Simbología y fórmulas.....	6
Introducción.....	8
Metodología de trabajo.....	9
Resultados de calidad de agua de la laguna de Olomega.....	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 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 la laguna de Olomega cada seis meses.
Tabla 4	Parámetros y valores guía para conocer los rangos aceptables de aptitud 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 de Olomega.
Tabla 8	Registro de temperatura en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega.
Tabla 9	Registro de conductividad en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega.
Tabla 10	Registro de transparencia en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega.
Tabla 11	Registro de Oxígeno Disuelto en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega.

Tabla 12	Registro de Clorofila en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega.
Tabla 13	Registro de turbidez en cada sitio muestreado en la 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 del agua.
Tabla 15	Resultados de los análisis de laboratorio para las muestras de agua de la laguna de Olomega (octubre 2017 y agosto 2018).

Listado de Figuras

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

Siglas y acrónimos

ANP	Área Natural Protegida
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment
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>

Simbología y fórmulas

$\leq$	Menor o igual que
$\geq$	Mayor o igual que
<	Menor que
%	Porcentaje
$\frac{1}{2}$	Un medio
°C	Centígrado
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
HCO ₃ ⁻	Bicarbonatos
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
ha	Hectárea
Hg	Mercurio
km	Kilómetro
Mg	Magnesio
mg/L	Miligramo por litro
ml	Mililitro
Mn	Manganeso
N°	Número
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
PO43-	Fosfatos
NMP	Número Más Probable
RAS	Relación de Adsorción de Sodio
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 (ha) 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 Ramsar¹, siendo el tercer humedal con dicha clasificación en el país (MARN, 2017).



Figura 1. Laguna de Olomega
Fuente: Proyecto MARN- JICA

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 sudoriental 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 en ambas, un monitoreo de calidad de agua. 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 reporte anual, se dan a conocer los resultados obtenidos de los monitoreos de calidad en la laguna de Olomega, desde octubre 2017 hasta diciembre 2018. De igual forma, se incluyen análisis sobre las gráficas de cada parámetro medido 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

La laguna de Olomega cuenta con siete sitios de muestreo en el espejo de agua 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)	Este se encuentra situado a 50 metros de la bocana del río San Antonio	13.30990	88.03173
2	La Chiricana	En dirección al bosque estacionalmente saturado	13.33680	88.06258
3	El Desagüe	Está 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	El punto está ubicado entre el caserío La Estrechura y la isla que está frente a esta comunidad	13.28906	88.07074
6	Rincón El Zapotal	Está 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:

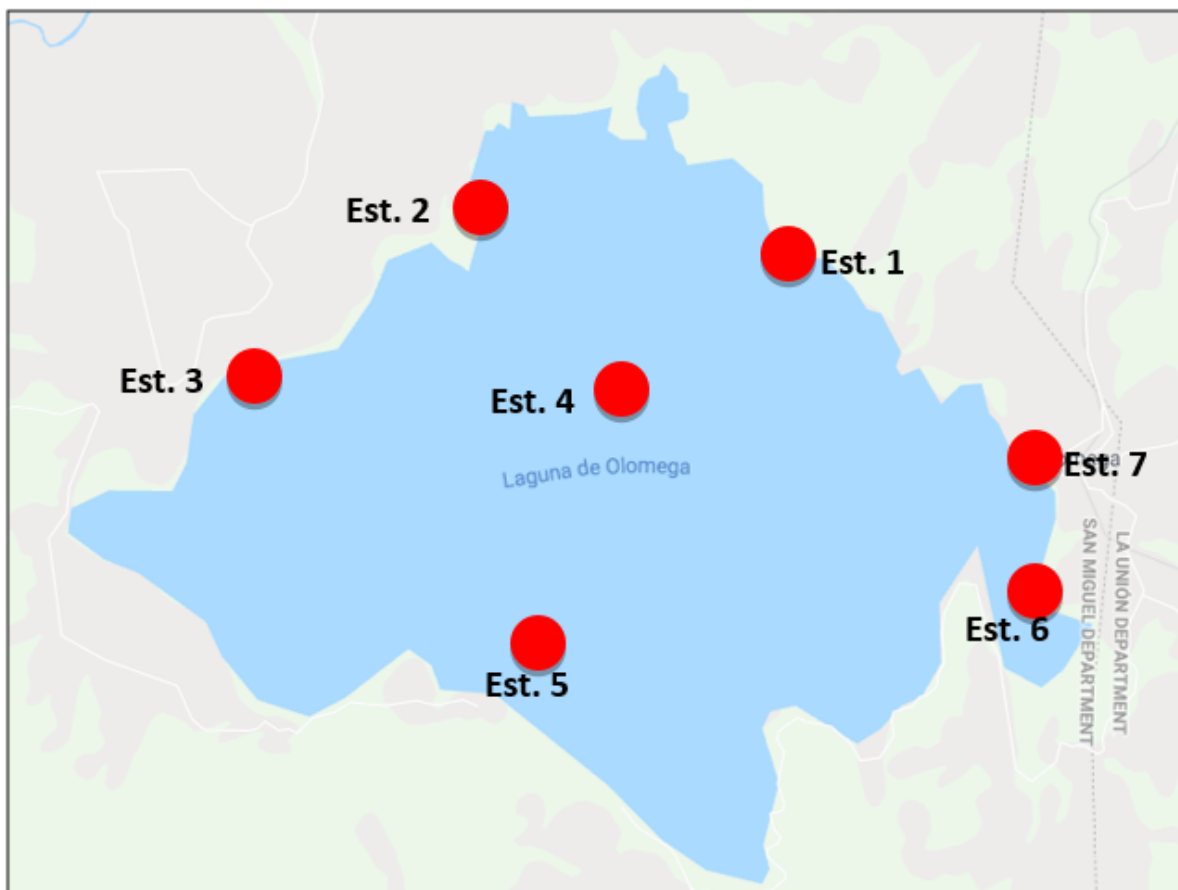


Figura 2. Sitios de muestreo para la evaluación de la calidad de agua en la laguna de Olomega

Nota: Est: Estación

Fuente: 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 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 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

Nota: °C: centígrado; mg/L: miligramos por litro; uS/cm: microSiemens por centímetro; µg/L: microgramo por litro; UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez.

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Además, cada seis meses se llevó a cabo la toma de muestras de agua para los análisis de laboratorio, específicamente en los meses de octubre 2017 y agosto 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 laguna de Olomega 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.

Nota: 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

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

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 (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; NMP: Número Más Probable; 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; ≤= menor o igual que

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; mg/L: miligramo por litro; NMP: Número Más Probable; MINAM: Ministerio del Ambiente; US EPA: *United States Environmental Protection Agency*; CCME: *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME). ≤= menor o igual que; ≥= mayor o igual que; <= menor 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: miligramos por litro; uS/cm: microSiemens por centímetro; <= menor que; ≤= menor o igual que
Fuente: FAO

Resultados de calidad de agua de la laguna de Olomega

pH: el promedio de pH en la laguna de Olomega es de 7.79. Los promedios por mes oscilaron entre 7.24 a 8.45, siendo el más bajo en el mes de octubre de 2018 y el más alto en el mes de agosto. Por otro lado, al comparar el pH entre los siete sitios, los promedios oscilaron entre 6.94 a 8.10, siendo el más bajo en el Brazo (río San Antonio) y el más alto en El Malecón. Solamente, en el mes de octubre de 2018, se registró uno de los valores más bajos de pH en el Brazo, con 5.75/unidades de pH (Tabla 7 y Figura 3).

Tabla 7

Registro de pH por cada sitio muestreado en la laguna de Olomega

pH	Centro	El Brazo (río San Antonio)	El Desagüe	El Malecón	La Chiricana	La Estrechura	Rincón El Zapotal	Promedios mensuales
Valor guía	6- 9 (recreación con contacto directo) y ≤ 6.5 a 8.4 (riego sin restricciones)							
25-oct-17	7.78	7.16	8.02	7.5	7.66	7.61	7.36	7.58
04-dic-17	8.45	7.7	8.59	8.55	8.45	8.1	7.95	8.26
27-feb-18	7.46	7.21	8.44	8.9	8.24	7.95	8.19	8.06
17-abr-18	7.98	6.85	7.92	8.19	7.2	7.65	7.77	7.65
27-jun-18	8.27	6.97	7.48	8.16	7.09	8.15	8.17	7.76
23-ago-18	8.58	7.08	8.67	8.77	8.62	8.63	8.77	8.45
25-oct-18	7.74	5.75	7.78	7.81	6.65	8.19	7.48	7.34
11-dic-18	7.50	6.77	7.32	6.95	7.19	7.80	7.14	7.24
Promedios por sitio	7.97	6.94	8.03	8.10	7.64	8.01	7.85	7.79

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

Fuente: Proyecto MARN- JICA

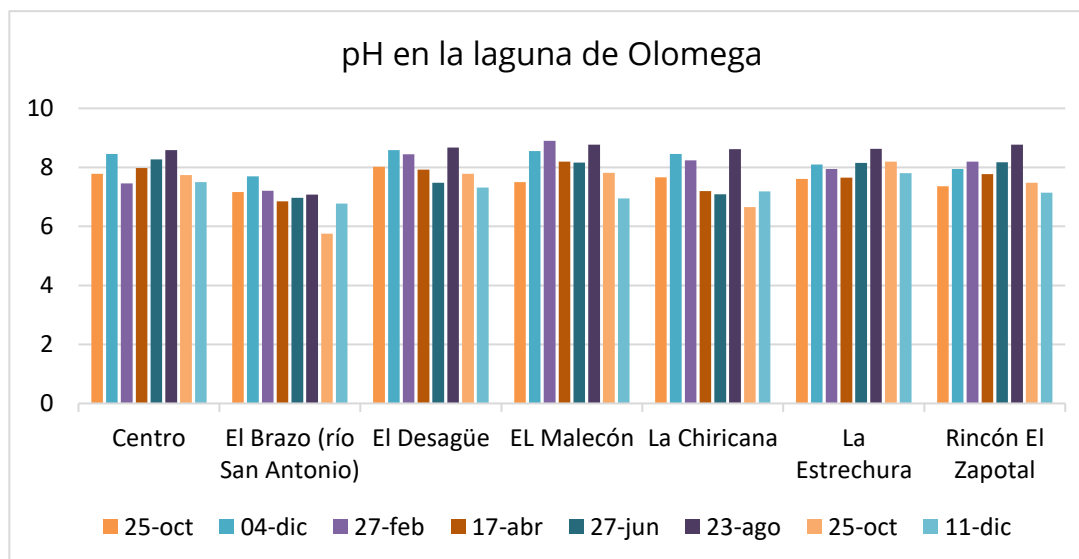


Figura 3. pH por sitio y mes en la laguna de Olomega

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Temperatura: en la laguna de Olomega tiene un promedio de 30.08-30 °C. Este parámetro varió por mes y por sitio. De esta manera, se tiene que los promedios por mes oscilaron entre 28.31 °C y 32.14 °C, siendo la temperatura más baja en el mes de febrero y la más alta en el mes de octubre. Al compararla por sitio, el promedio osciló entre 28.64 °C a 30.86 °C, siendo el más bajo en el Brazo (río San Antonio) y, el más alto en El Malecón (Tabla 8 y Figura 4).

Tabla 8

Registro de temperatura en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega

Temperatura (°C)	Centro	El Brazo (río San Antonio)	El Desagüe	El Malecón	La Chiricana	La Estrechura	Rincón El Zapotal	Promedios mensuales
25.10.2017	31.30	30.70	31.10	32.40	31.00	31.70	31.30	31.36
04.12. 2017	29.90	28.40	29.10	30.00	28.50	30.90	30.00	29.54
27.02.2018	29.00	28.20	28.10	29.20	28.50	29.20	29.20	28.77
17.04-2018	28.10	26.50	28.40	30.00	26.80	29.00	29.40	28.31
27.06.2018	31.60	28.80	31.10	32.20	29.90	32.10	32.90	31.23
23.08.2018	30.60	29.70	31.10	31.70	30.40	31.50	31.20	30.89
25.10.2018	32.50	29.30	32.30	33.80	31.50	32.40	33.20	32.14
11.12.2018	29.20	27.50	28.90	27.60	28.70	29.00	27.90	28.40
Promedios por sitio	30.28	28.64	30.01	30.86	29.41	30.73	30.64	30.08

Fuente: Proyecto MARN- JICA

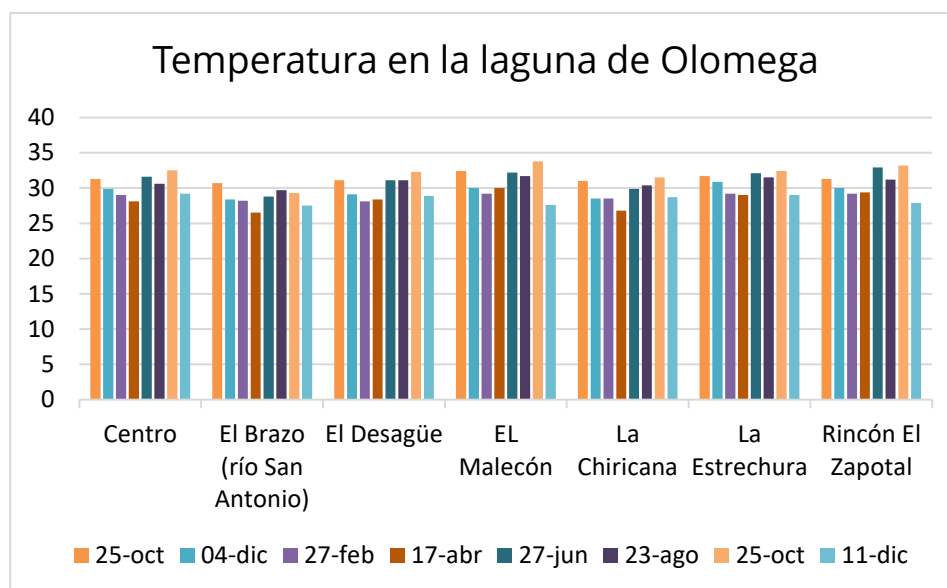


Figura 4. Temperatura por sitio y mes en la laguna de Olomega
Fuente: Proyecto MARN- JICA

Conductividad: el promedio de conductividad en la laguna de Olomega es de 40.03 uS/cm. Al visualizar los promedios por mes y por sitios, se tiene que los promedios mensuales oscilan entre 28.70 y 55.24 uS/cm, siendo octubre 2017 el que presentó los promedios más bajos y agosto 2018 los promedios más altos. En cuanto a los sitios, estos oscilan entre 35.57 y 41.52 uS/cm en Rincón El Brazo y La Chiricana, respectivamente (Tabla 9 y Figura 5).

Tabla 9

Registro de conductividad en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega

Conductividad (uS/cm)	Centro	El Brazo (río San Antonio)	El Desagüe	EL Malecón	La Chiricana	La Estrechura	Rincón El Zapotal	Promedios mensuales
Valor guía	≤ 700 (riego sin restricciones) y < 1500 uS/cm (producción animal)							
25- oct	31.95	7.66	32.1	32.15	31.75	32.4	32.92	28.70
04- dic	33.11	32.95	28.75	33.51	33.04	33.6	33.3	32.61
27- feb	42.77	41.57	41.5	41.33	40.7	40.36	41.62	41.41
17- abr	48.41	50.6	48.7	48.21	54.5	48.42	48.9	49.68
27- jun	44.21	38.48	48.26	43.85	43.64	44.91	42.38	43.68
23- ago	55.27	53.31	54.82	54.9	60.03	54.18	54.17	55.24
25- oct	32.22	22.93	33.58	32.9	30.3	33.16	32.24	31.05
11- dic	37.16	37.02	38.95	37.56	38.16	37.82	38.51	37.88
Promedios por sitio	40.64	35.57	40.83	40.55	41.52	40.61	40.51	40.03

Fuente: Proyecto MARN- JICA

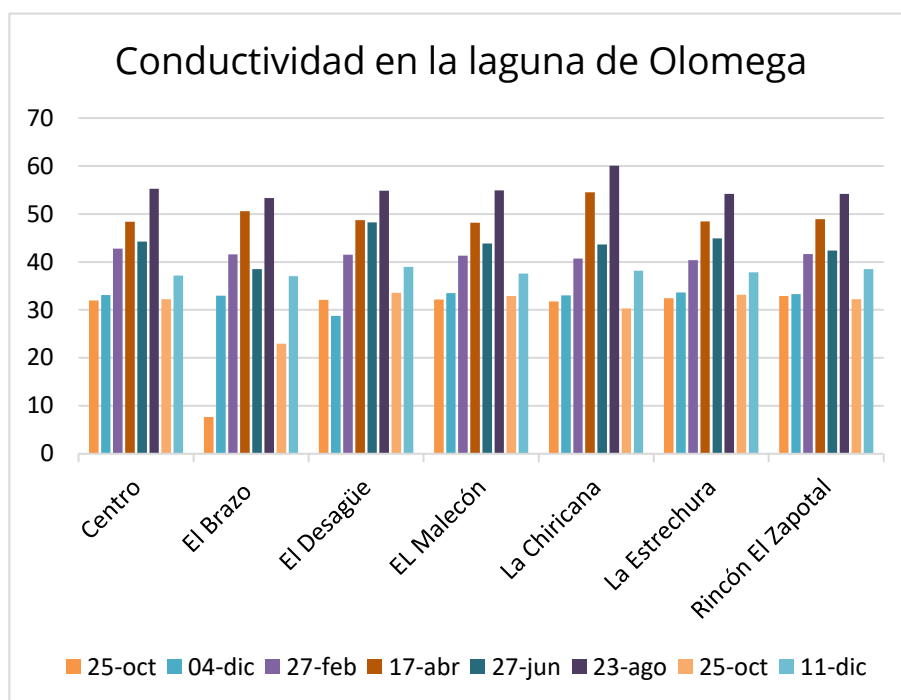


Figura 5. Conductividad por sitio y mes en la laguna de Olomega
Fuente: Proyecto MARN- JICA

Transparencia: en cuanto a la transparencia, la laguna de Olomega tiene un promedio de 49 cm. Estos promedios variaron entre meses y sitios. Los promedios mensuales oscilaron entre 24 a 93 cm en agosto 2018 y octubre 2017, respectivamente. Por otro lado, los promedios por sitios están de entre 35 cm en Rincón El Zapotal y 58 cm en La Chiricana (Tabla 10 y Figura 6). De hecho, se logra ver que la transparencia es mayor en octubre 2017 que en octubre 2018, y esto puede estar influenciado por la tormenta tropical Michael en 2018, que arrastró gran cantidad de sedimento a la laguna.

Tabla 10

Registro de transparencia en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega

Transparencia (cm)	Centro	El Brazo	El Desagüe	El Malecón	La Chiricana	La Estrechura	Rincón El Zapotal	Promedios mensuales
Valor guía	≤ 120 cm (recreación con contacto directo)							
25-oct-2017	90	100	120	70	120	80	70	93
04-dic-2017	80	70	60	70	80	60	60	69
27-feb-2018	28	48	25	20	35	30	18	29
17-abr-2018	30	40	20	20	20	30	10	24
27-jun-2018	60	40	60	30	50	50	20	44
23-ago-2018	30	25	25	10	35	30	10	24
25-oct-2018	30	45	32	45	41	45	50	41
11-dic-2018	70	80	65	60	80	60	40	65
Promedios por sitio	52	56	51	41	58	48	35	49

Fuente: Proyecto MARN- JICA

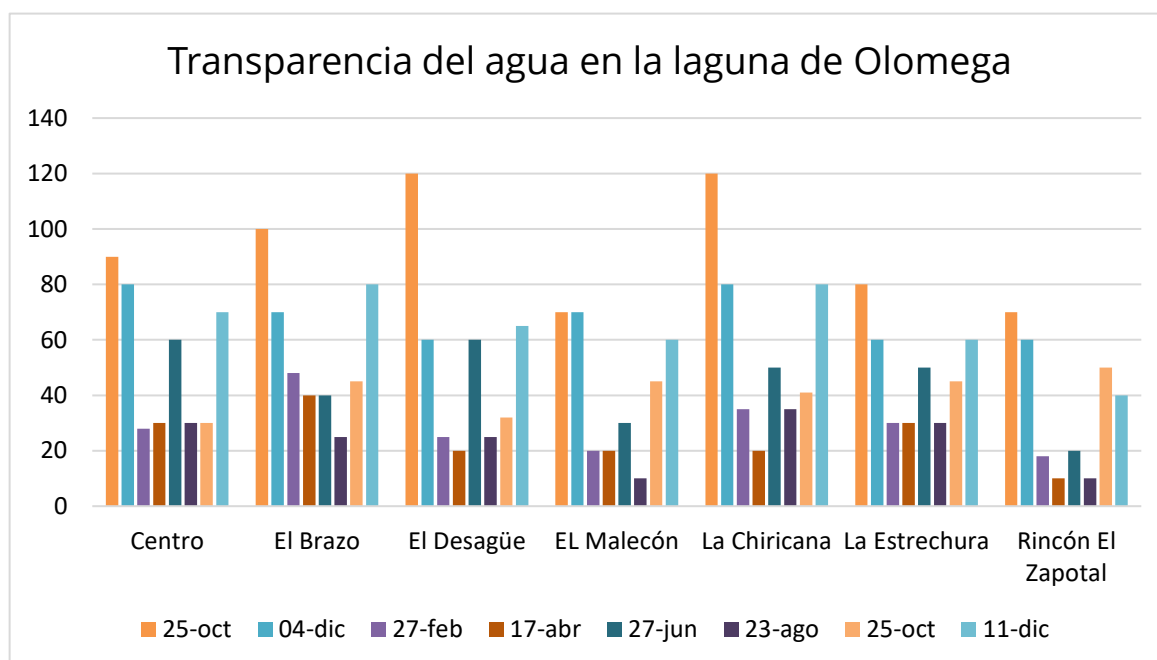


Figura 6. Transparencia por sitio y mes en la laguna de Olomega

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Oxígeno Disuelto (OD): se tiene un promedio de Oxígeno Disuelto de 6.32 mg/L. Los promedios por mes oscilaron entre 5.71 a 8.47 mg/L en diciembre 2018 y diciembre 2017, respectivamente. Por otro lado, los promedios por sitios oscilaron entre 3.06 mg/L en el Brazo (río San Antonio) y 8.56 mg/L en El Malecón. Otro de los sitios con valor bajo de Oxígeno Disuelto fue La Chiricana con 4.70 mg/L (Tabla 11 y Figura 7).

Tabla 11

Registro de Oxígeno Disuelto en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega

Oxígeno Disuelto (mg/L)	Centro	El Brazo (río San Antonio)	El Desagüe	El Malecón	La Chiricana	La Estrechura	Rincón El Zapotal	Promedios mensuales
Valor guía	≥ 5 mg/L							
25-oct-2017	5.10	0.83	5.40	4.10	3.90	4.30	2.84	3.78
04-dic-2017	9.54	5.93	8.71	9.97	8.93	8.09	8.10	8.47
27-feb-2018	5.12	5.21	7.87	11.72	4.77	9.34	8.13	7.45
17-abr-2018	7.58	3.43	7.14	9.76	4.51	5.71	3.33	5.92
27-jun-2018	8.14	2.99	6.90	10.34	3.49	8.60	9.41	7.12
23-ago-2018	6.58	4.50	6.35	9.89	6.35	6.42	10.26	7.19
25-oct-2018	7.32	0.11	2.42	7.81	1.23	7.64	7.85	4.91
11-dic-2018	7.00	1.48	7.32	4.85	4.40	8.00	6.93	5.71
Promedios por sitio	7.05	3.06	6.51	8.56	4.70	7.26	7.11	6.32

Nota: mg/L: miligramo por litro

Fuente: Proyecto MARN- JICA

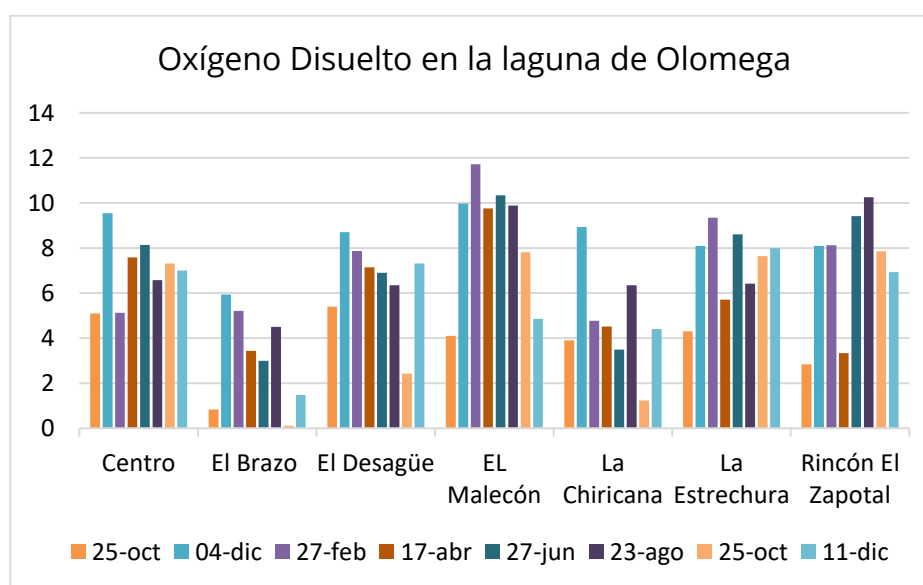


Figura 7. Oxígeno Disuelto por sitio y mes en la laguna de Olomega

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$): en la laguna de Olomega el promedio fue de 16.95 µg/L. Sin embargo, el promedio mensual más alto fue en abril con 26.27 µg/L; y el más bajo, fue en el mes de diciembre 2017 con 11.20 µg/L. Por otro lado, el sitio donde se registró el promedio más bajo de Clorofila durante todo el año fue La Chiricana con 15.05 µg/L; y el más alto, fue en el Rincón El Zapotal con 21.86 µg/L (Tabla 12 y Figura 8).

Tabla 12

Registro de Clorofila en cada sitio muestreado en la laguna de Olomega

Clorofila µg/L	Centro	El Brazo (río San Antonio)	El Desagüe	EL Malecón	La Chiricana	La Estrechura	Rincón El Zapotal	Promedios mensuales
25-oct-17	11.5	9.8	9.1	17	11.5	12.7	10	11.66
04-dic-17	11.6	11.6	10.3	10.1	9.8	10	15	11.20
27-feb-18	18.1	17.9	17.9	16.2	16.99	16.9	31.5	19.36
17-abr-18	27.8	19	25.1	25.2	23	24.3	39.5	26.27
27-jun-18	16.7	17.8	19.6	19.2	16.5	16.8	20.7	18.19
23-ago-18	20	24	17.8	23.9	17.7	15.8	24.9	20.59
25-oct-18	16.5	16.8	14.1	13.7	14.4	14.8	16.3	15.23
11-dic-18	10.4	15.8	11.4	15.2	10.5	11.7	17	13.14
Promedios por sitio	16.58	16.59	15.66	17.56	15.05	15.38	21.86	16.95

Nota: µg/L: microgramo por litro

Fuente: Proyecto MARN- JICA

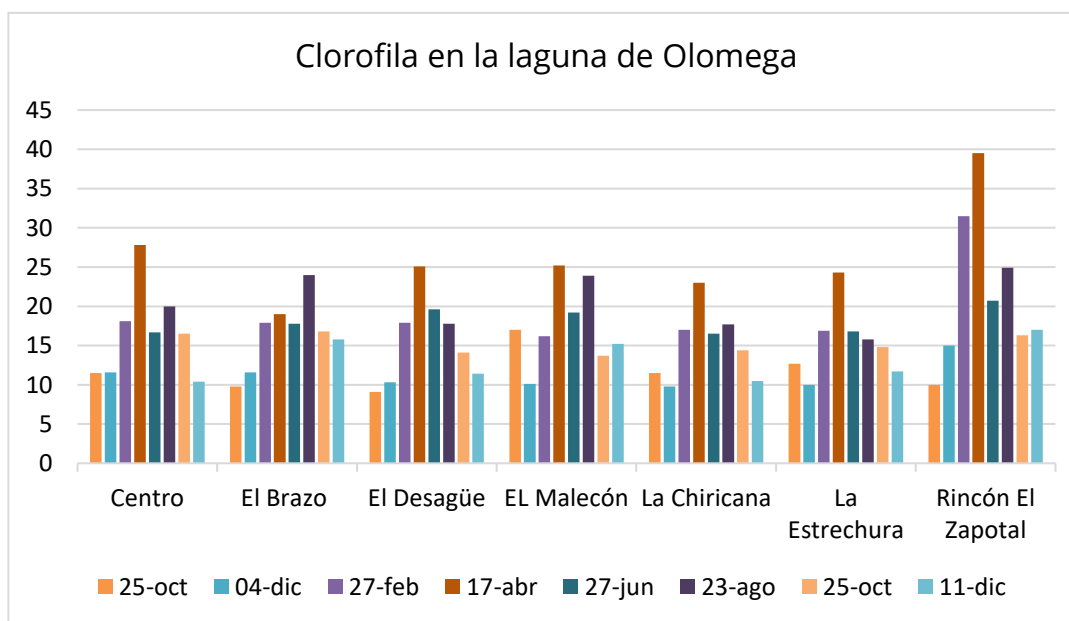


Figura 8. Clorofila por sitio y mes en la laguna de Olomega

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Turbidez: el promedio en laguna de Olomega fue de 28.10 UNT. El mes con el promedio alto de turbidez fue abril 2018, con 84.29 UNT y, el mes con promedio bajo fue octubre 2017 con 5.46 UNT. Por otro lado, el sitio con menor promedio de turbidez en todo el año fue La Chiricana con 10.47 UNT y, el sitio con mayor promedio, fue el Rincón El Zapotal con 102.53 UNT, incluyendo El Malecón que sobrepasa por 0.05 UNT el valor guía de turbidez (Tabla 13 y Figura 9).

Tabla 13

Registro de turbidez en cada sitio muestreado en laguna de Olomega

Turbidez	Centro	El Brazo (río San Antonio)	El Desagüe	EL Malecón	La Chiricana	La Estrechura	Rincón El Zapotal	Promedios mensuales
Valor guía	≤ 50 UNT (recreación con contacto directo)							
25-oct-2017	4.89	3.37	3.17	11	7.62	3.66	4.51	5.46
04-dic-2017	4.89	5.89	5.43	3.33	4.89	5.07	11.05	5.79
27-feb-2018	13.1	11.4	13.2	72.1	17.9	12.6	86.7	32.43
17-abr-2018	76.7	12.5	76.2	14.8	13.8	54	342	84.29
27-jun-2018	8.97	11.4	2.36	15.8	7.01	3.54	62.4	15.93
23-ago-2018	16.5	60.6	19	170	13.6	14.9	96.5	55.87
25-oct-2018	18.7	17.8	17.9	17.7	13.6	19.3	16.6	17.37
11-dic-2018	6.76	5.34	7.2	9.89	5.34	8.39	11	7.70
Promedios por sitio	18.81	16.04	18.06	39.33	10.47	15.18	78.85	28.10

Nota: UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez

Fuente: Proyecto MARN- JICA

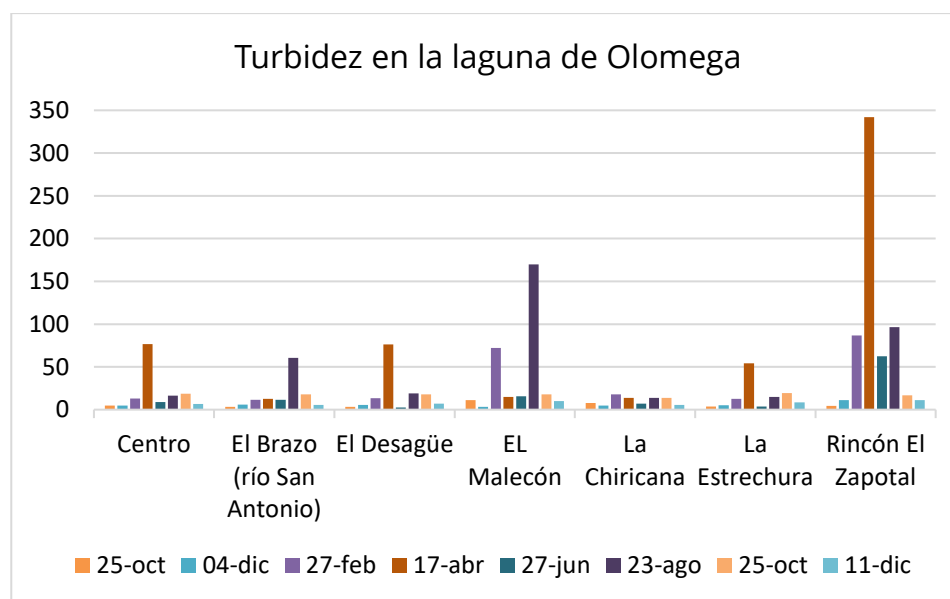


Figura 9. Turbidez por sitio y mes en la laguna de Olomega

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Resumen de los resultados de parámetros bimensuales

A pesar de que los promedios generales de cada uno de los parámetros medidos en la laguna 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, los promedios por sitios de algunos parámetros resultan estar fuera del valor guía de aptitud para los usos mencionados anteriormente.

Por ejemplo, El Brazo fue el que obtuvo un promedio bajo de Oxígeno Disuelto (OD) con 3.06 mg/L del valor guía (≥ 5 mg/L). De hecho, durante el mes de octubre 2018 en ese mismo sitio se registró el valor más bajo con 0.11 mg/L. Esto puede estar influenciado por diferentes factores, uno puede ser la temperatura, ya que durante ese mes se registró el valor más alto con 32.14 °C, pues a mayor temperatura menor OD.

De igual forma, otro factor puede ser la contaminación a través del arrastre de desechos orgánicos e inorgánicos por las tormentas registradas en ese mes por medio del río San Antonio que desemboca justo en ese sitio. También esto pudo influenciar el bajo promedio de Clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) registrado para el mes de octubre 2018, que fue de 15.23 $\mu g/L$ y, el valor más bajo de pH que fue de 5.75 unidades de pH, para ese sitio. La Chiricana fue otro sitio con bajo promedio de OD, que pudo estar influenciado por el bajo promedio de Clorofila registrado para este sitio.

En cuanto a la turbidez, todos los sitios deberían mantenerse en un valor guía de ≤ 50 UNT y, de hecho, todos están dentro de ese rango, a excepción de El Zapotal que cuenta con un promedio mayor. Esto puede estar influenciado por el florecimiento algal y presencia de partículas de suelo o materia orgánica en suspensión. De hecho, existe una relación inversamente proporcional entre la transparencia y la turbidez, pues entre mayor turbidez menor transparencia. Esto se pudo observar con los resultados del mes de diciembre 2018, donde el bajo promedio de turbidez fue registrado en ese mes al igual que el alto promedio de transparencia.

En cuanto a la salinidad, los valores no sobrepasan los 0.3 ‰ para la laguna de Olomega. A continuación, se muestra una tabla donde se resumen 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	ND		< 120	≥ 5 mg/L	ND	≤ 50 UNT
Valor guía (**)	≤ 6.5- 8.4		≤ 700				
Valor guía (***)			< 1500				
Promedio general en la laguna	7.79	30	40.03	49	6.32	16.95	28.10
Rango promedios mensuales	7.24-8.45	28.31-32.14	28.70-55.24	24-93	5.71-8.47	11.20-26.27	5.46-84.29
Rango promedios mensuales	6.94-8.10	28.64-30.86	35.57-41.52	35-58	3.06-8.56	15.05-21.86	10.47-78.85

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.

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 de Olomega: en el mes de octubre 2017 y agosto 2018. Las muestras han sido tomadas de tres sitios: El Brazo, Centro de la laguna y la Estrechura (Tabla 15). A continuación, se describen los resultados por cada uno de los parámetros medidos.

a. Coliformes fecales

La cantidad de coliformes osciló entre 920 a < 1.8 NMP/100 ml, ambos valores fueron registrados en el sitio El Brazo en octubre 2017 y agosto 2018, respectivamente. Probablemente, el alto valor en octubre del año 2017, fue debido a las lluvias durante ese mes que pudieron haber arrastrado una alta cantidad de coliformes fecales a través del río San Antonio que desemboca en ese sitio. El promedio general de coliformes fue mayor en 2017 que 2018, tales valores pudieron haber estado influenciados por las fechas en las que se tomaron las muestras y la frecuencia de lluvias; no obstante, algunos valores sobrepasan el valor guía de recreación que es de < 200 , pero aún no sobrepasan los valores de riego sin restricción ≤ 1000 NMP/100 ml, siendo posible determinar que el agua de la laguna es apta para riego, aunque está perdiendo su aptitud para la recreación de contacto directo.

b. Fosfatos (PO_4^{3-})

En cuanto a los valores de Fosfatos, en el año 2017 se pudo observar que El Brazo registró valores de 0.18 mg/L, mostrando el número de nutrientes que se encontraban en la zona probablemente provienen de las lluvias durante ese mes, siempre del río San Antonio. Los valores de Fosfatos en los otros dos sitios fueron menores a 0.1 mg/L. En el año 2018, los valores de Fosfatos fueron parecidos en los tres sitios entre 0.54 (El Brazo y Centro de la Laguna), a 0.59 mg/L (La Estrechura). Todos los valores de Fosfatos para el 2018 se encontraron arriba del valor guía que es de 0.5, sugiriendo que a la laguna llegan contaminantes de los cultivos o de vertidos urbanos.

c. Nitratos (NO_3^-)

Con respecto a los Nitratos, puede verse que estos valores no sobrepasaban 1 mg/L en el año 2017; sin embargo, para el 2018 los valores aumentaron entre 1.03 mg/L hasta 2.00 mg/L (el valor más alto en El Brazo). No obstante, estos valores no sobrepasan el rango aceptable de ≤ 5 mg/L.

d. Nitritos (NO_2^-)

No detectable.

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

Los valores de Bicarbonatos deberían estar en un rango ≤ 91.525 mg/L. Sin embargo, los valores se mantuvieron aceptables durante el año 2017, con datos de entre 43.92 a 46.36. Mientras que los datos de 2018 sobrepasaron el rango aceptable, ya que los datos estuvieron entre 214.72 a 297.68 mg/L, el más alto se encontró en el Centro de la Laguna. Se conoce que 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 2018.

f. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) debe encontrarse en valores ≥ 5 mg/L. Los valores encontrados en octubre 2017, sobrepasan los valores aceptables con rangos de entre 22.15 a 84.56 mg/L, siendo el mayor valor en La Estrechura. En agosto 2018, estos valores aumentaron en dos puntos: El Brazo y el Centro de la Laguna con 55.25 y 51.65, respectivamente y, el valor de La Estrechura disminuyó a 56.59 mg/L. No obstante, mantiene valores altos. Esto podría ser por la cantidad de materia orgánica suspendidas en el agua, aunque también pueden interferir sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas.

g. Nitrógeno (N)

Solamente se tienen valores de Nitrógeno para el año 2018, evidenciando que en el centro de la laguna se registra el mayor valor con 28.01 mg/L, seguido de El Brazo con 21.01 mg/L y, el menor valor, con 14.01 mg/L en La Estrechura.

Tabla 15

Resultados de los análisis de laboratorio para las muestras de agua de la laguna de Olomega (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)	DQO (mg/L)	Nitrógeno (mg/L)	Mercurio (mg/L)
	Valor guía	< 200 * ≤ 1000 **	0.5	≤ 5 **		≤ 91.525 **	≥ 5		
25-oct-2017	El Brazo (río San Antonio)	920	0.18	0.87	ND	48.80	22.15	0.00	ND
23-ago-2018		< 1.8	0.54	2.00	ND	214.72	55.25	21.01	ND
25-oct-2017	Centro de la Laguna	140	< 0.1	0.90	ND	43.92	23.49	0.00	ND
22-ago-2018		170	0.54	1.22	ND	297.68	51.65	28.01	ND
25-oct-2017	La Estrechura	350	< 0.1	0.97	ND	46.36	84.56	0.00	ND
22-ago-2018		220	0.59	1.03	ND	275.72	56.59	14.01	ND

Nota: * aptitud de agua para recreación con contacto directo; ** aptitud de agua para riego sin restricciones; NMP: Número Más Probable; mg/L: milígramo por litro; DQO: Demanda Química de Oxígeno; ND: No Detectable.

Fuente: Proyecto MARN- JICA

Conclusiones

- a. La calidad de agua de la laguna de Olomega muestra que es apta para riego sin restricciones, ya que no sobrepasa el valor guía de coliformes fecales, conductividad y pH para ese uso. Sin embargo, el Bicarbonatos (HCO_3^-) sí sobrepasa el valor guía aceptable para dicho uso en algunos sitios, por lo cual se debe seguir monitoreando.
- b. La calidad de agua de la laguna de Olomega muestra que no es apta para recreación con contacto directo, debido a la existencia de sitios que sobrepasan el valor guía de coliformes fecales para dicho uso. Aunque el pH sí se encuentra dentro del rango aceptable, igual que la transparencia, pero la turbidez en algunos lugares como Rincón El Zapotal, sobrepasa el valor guía aceptable para dicho uso. Además, un leve aumento de Fosfatos (PO_4^{3-}) en el 2018 indica que a la laguna llegan contaminantes ya sea por cultivos o de vertidos humanos.
- c. 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. Sin embargo, se necesita realizar análisis de la presencia de otros elementos para determinar que el agua de la laguna sea apta para dicho 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

