

CALIDAD DEL AGUA

ARTÍCULO ORIGINAL

Aplicación del Sistema Holandés para la evaluación de la calidad del agua. Caso de estudio Lago de Izabal, Guatemala

Application of the Dutch Assessment System of water quality. Case study of Izabal Lake, Guatemala

M.C. José Robledo^I, D.Sc. Eddi Alejandro Vanegas Chacón^{II}, Dr.C. Nancy García Álvarez^{III}

^I Universidad de San Carlos (USAC), Centro Universitario de Izabal, Guatemala.

^{II} Universidad de San Carlos (USAC), Facultad de Agronomía, Guatemala.

^{III} Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Ciego de Ávila, Cuba.

RESUMEN. La calidad del agua en las condiciones del lago de Izabal, Guatemala se evalúa siguiendo los indicadores establecidos por la Autoridad para el manejo sustentable de dicha cuenca hidrográfica. En las condiciones actuales resulta conveniente aplicar también otras metodologías de países del área para validar dichos resultados. Ejemplo de ello lo constituye el “índice Holandés” que permitió evaluar la calidad del agua a través de códigos de colores y clases de uso. Para ello se tomaron muestras de forma superficial bimensualmente en las épocas de lluvia y seca en el período 2005-2011 en puntos ubicados en la desembocadura de los ríos que drenan al lago y en varios puntos del centro del mismo. Se cuantificaron el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, $N-NH_4^+$ y demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y como parámetros complementarios pH, T, $N-NO_3^-$, Cr, Cu, Ni, y demanda química de oxígeno (DQO). La aplicación del método permitió clasificar la calidad del agua del Lago Izabal de forma espacial y temporal en clases de uso según su grado de contaminación, para establecer estrategias de uso, manejo y conservación destacándose el uso agropecuario. Igualmente dicha aplicación propició la identificación de la contaminación incipiente de Ni, severa de DQO y muy severa de Pb, que indica la presencia de material orgánico de naturaleza poco degradable, no detectada por el método tradicional.

Palabras clave: Contaminación hídrica, índice de calidad del agua, biodegradabilidad de la materia orgánica.

ABSTRACT. Water quality condition in Izabal Lake, Guatemala is evaluated according to the indicators established by the Authority for the sustainable management of the watershed. Under current conditions, it should also apply other methodologies of countries in the region to validate these results. Example of this is the “Dutch index” which allowed assessing water quality through color coding and use classes. Bimonthly samples were taken superficially in the rainy and dry season of the period 2005-2011 in points located at the center and edge of the lake. The % saturation of dissolved oxygen, $N-NH_4^+$ and Biochemistry Oxygen Demands (BOD5) and additional parameters like pH, T°, $N-NO_3^-$, Cr, Cu, Ni, and Chemistry Oxygen Demands (COD) were quantified. Application of the method allowed to classify the water quality of Izabal Lake in spatial and temporal way using classes according to their degree of contamination, to establish strategies for the use, management and conservation highlighting the agricultural use. Also this application led to the identification of incipient Ni contamination, severe and very severe COD and Pb respectively, indicating the presence of degradable organic material of little nature, not detected by the traditional method.

Keywords: Water pollution, water quality index, biodegradability of organic matter.

INTRODUCCIÓN

La protección de los recursos hídricos incide de forma positiva en los ecosistemas y la salud humana, lo que es parte de una serie de medidas conservacionistas conducentes al desarrollo sostenible de un país. Igualmente, la recuperación y conservación de las características físico-químicas y biológicas de los cuerpos

de agua superficiales son fundamentales con el propósito de que estas aguas puedan ser usadas para diferentes fines sociales, económicos y ambientales garantizando una mejor calidad de vida para los habitantes de un territorio (Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía y Ministerio de Salud, 2007). El lago de

Izabal es el mayor cuerpo de agua superficial de Guatemala, la entidad gubernamental encargada de su manejo y conservación es la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca hidrográfica del lago de Izabal y río Dulce (AMASURLI), institución que presentó y ejecuta el Plan de Acción Integrado de la Cuenca (Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2007a), la Agenda de Conservación (Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2006) y la Agenda Estratégica Institucional (Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2007b), instrumentos que resumen los principios para garantizar la mejor salud del lago. AMASURLI, entre otras actividades monitorea la calidad del agua del lago, por medio de la cuantificación de parámetros físico-químicos y biológicos. En las condiciones actuales resulta muy conveniente aplicar metodologías de otros países del área para validar los resultados encontrados, ejemplo de ello lo constituye el “índice Holandés”, utilizado en Costa Rica para la evaluación y clasificación de la calidad del agua superficial y de cuerpos receptores de estas aguas (Calvo y Mora, 2007 y 2012), que destacan más allá de la propia clasificación, la consolidación de las bases de datos para investigar las posibles causas de contaminación de los afluentes de los cuerpos de agua superficial, ríos o lagos, para proponer posibles soluciones. Esta codificación permite interpretar en primer lugar la calidad del agua a través de códigos de colores, basado en el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el nitrógeno en forma de amonio y la demanda biológica de oxígeno y posteriormente clasificar, basado en parámetros complementarios, el uso potencial recomendando el tratamiento que el agua requiere para su mayor y mejor utilización. Sin duda, el análisis e interpretación de la base de datos de AMAZURLI, a través de métodos que permitan calificar la calidad del agua a

través de códigos de color y clases de uso constituye una nueva herramienta para garantizar a las autoridades competentes información fidedigna de lo que está ocurriendo en este ecosistema acuático, lo cual es imprescindible para cualquier acción de manejo que se desee implementar en pro de la salud del lago de Izabal. Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo aplicar en las condiciones propias del lago Izabal, Guatemala el sistema holandés para la evaluación y clasificación de la calidad del agua.

MÉTODOS

El lago de Izabal está ubicado entre las latitudes 15°24'N a 15°38'N y las longitudes 88°58'W a 89°25'W. La cuenca hidrográfica se ubica desde la costa del Mar Caribe hasta 250 kilómetros tierra adentro en la parte alta de las Verapaces. Tiene una superficie total de 717 km², una profundidad media de 11.6 m, una longitud máxima de 70 km y un ancho máximo de 20 km (Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2007a). El 25,5% del lago presenta profundidades menores de 6 m y la profundidad del resto está comprendida entre 6 y 15 m (Guatemala, Oficina Técnica de Biodiversidad, 2003). La AMAZURLI realiza colectas y análisis de muestras de agua del lago de Izabal de forma bimensual tanto en la denominada época seca (meses de noviembre a marzo) como de lluvia (abril a octubre). Los puntos de muestreo son ubicados en la desembocadura de los principales ríos que drenan sus aguas hacia el lago (Chapín, Escoria, Estor, Finca Carolina, Finca Paraíso, Jocolo, Playa Dorada, Polochic Bujajal, Punta Brava y Sechoc), denominados puntos de la orilla del lago. Así mismo, son muestreados una serie de puntos de la propia área central del lago (Centro 0, I, II y III), denominados puntos del centro del lago (Figura 1).



FIGURA 1. Puntos de muestreo en el Lago de Izabal, Guatemala.

Las muestras se colectaron de forma superficial y las variables determinadas fueron: saturación de oxígeno disuelto (%) utilizando sonda multiparamétrica; N-NH₄⁺ (mg/L) por espectrofotometría y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), mg/L, por OxiTop. Como parámetros complementarios existentes en la base de datos fueron analizados: pH y temperatura por sonda multiparamétrica e iones N-NO₃⁻, Cr, Cu, Ni, Pb y demanda química de oxígeno (DQO), por espectrofotome-

tría visible utilizando un espectrofotómetro Nova 60. El estudio utilizó la base de datos con registros bimensuales (febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre) de la serie de años de 2005 al 2011, (Guatemala, Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce, 2013) a los que se aplicó el sistema holandés a través de la asignación de códigos de color, asignados en función de la sumatoria de puntos, de conformidad con la información contenida en las Tablas 1 y 2. La Tabla 3, presenta los parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales por clase de uso.

TABLA 1. Valores de los parámetros porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto (SOD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Nitrógeno Amoniacal (N-NH₄⁺)

Clase	% SOD	DBO ₅ , mg/L	N-NH ₄ ⁺ , mg/L
1	91-100	<= 3	< 0,50
2	71 – 90 111 - 120	3,1 – 6,0	0,50 – 1,0
3	51 – 70 121 - 130	6,1 – 9,0	1,1 -2,0
4	31 - 50	9,1 - 15	2,1 – 5,0
5	<= 30 >130	>15	>5,0

Fuente: Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía y Ministerio de Salud (2007).

TABLA 2. Clasificación numérica de las variables según código de colores

Clase	Sumatoria de puntos	Código de color	Interpretación de calidad
1	3	Azul	Sin contaminación
2	4 – 6	Verde	Contaminación incipiente
3	7 – 9	Amarillo	Contaminación moderada
4	10 – 12	Anaranjado	Contaminación severa
5	13 – 15	Rojo	Contaminación muy severa

Fuente: Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía y Ministerio de Salud (2007).

TABLA 3. Parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales por clase de uso

Parámetros Complementarios (Unidades)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Turbiedad (UNT)	< 25	25 a < 100	100 a 300	(I)	(I)
Temperatura (°C)	(I)	(I)	(I)	(I)	(I)
Potencial de hidrógeno (pH)	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,0 a 9,0	5,5 a 9,5	5,5 a 9,5
Nitratos, NO ₃ ⁻ (mg N/L)	< 5	5 a < 10	10 a < 15	15 a < 20	> 20
Demanda química de oxígeno (mg/L)	< 20	20 a < 25	25 a < 50	50 a < 100	100 a 300
Cloruros (como Cl) (mg/L)	< 100	100 z 200	NA	NA	NA
Fluoruros (como F) (mg/L)	< 1,0	1 a 1,5	NA	NA	NA
Color (Pt-Co)	2,5 a 10	10 a 100	(I)	(I)	(I)
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	< 10	10 a 25	25 a 100	100 a 300	> 300
Sólidos disueltos (mg/L)	< 250	250 a < 500	500 a 1000	> 1 000	> 1 000
Grasas y aceites (mg/L)	ND	ND	ND	ND	15 a 25
Sustancias activas al azul de metileno (mg/L)	ND	ND	ND a 1	1 a 2	2 a 5
Arsénico (mg/L)	< 0,01	< 0,01	0,01 a 0,05	> 0,05	> 0,05
Boro (mg/L)	0,1	0,2	0,5	1	1
Cadmio (mg/L)	< 0,005	0,005	0,01	0,02	0,02
Cianuro (mg CN ⁻ /L)	< 0,1	0,1 a < 0,2	0,2	> 0,02	> 0,02
Cobre (mg/L)	< 0,5	0,5 a < 1	1,0 a 1,5	1,5 a 2,0	2,0 a 2,5
Cromo total (mg/L)	< 0,05	0,05	0,20	0,50	> 0,5
Magnesio mg MgCO ₃ /L	< 30	30 a 50	> 50	> 50	> 50
Mercurio (mg/L)	< 0,001	0,001	0,002	0,004	0,005
Níquel (mg/L)	< 0,05	0,05	0,1	0,2	0,3
Plomo (mg/L)	< 0,03	0,03 a < 0,05	0,05 a < 0,10	0,10 a < 0,20	0,20
Selenio (mg/L)	< 0,005	0,005 a < 0,010	0,010 a < 0,020	0,020 a < 0,050	0,05
Sulfatos (SO ₄) ⁻² (mg/L)	< 150	150 a 250	> 250	> 250	> 250
Parámetros orgánicos					
Sumatoria de los compuestos organoclorados (mg/L)	ND	ND	ND	0,01	0,01
Sumatoria de los compuestos Organofosforados (mg/L)	ND	ND	ND	0,01	0,01
Biológicos					
Coliformes fecales (NMP/100mg)	< 20	20 a 100	1000 a 2000	2000 a 5000	> 5000

ND: No detectable por el método utilizado. NA: No Aplicable. (I): Natural o que no afecte el uso. Fuente: Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía y Ministerio de Salud (2007).

La Tabla 4, presenta la descripción de la clasificación de los cuerpos de agua en cinco clases según el uso potencial que se le puede asignar al agua y el tratamiento que requiera.

TABLA 4. Clasificación de los cuerpos de agua superficial según el uso potencial, y tratamiento que requiera

Usos	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Abastecimiento de agua para uso y consumo humano.	Con tratamiento simple con desinfección	Con tratamiento convencional.	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable
Abastecimiento de agua para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano	Sin tratamiento previo o con tratamiento simple de desinfección	Con tratamiento convencional.	Con tratamiento avanzado	No utilizable	No utilizable
Abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Sin limitaciones	Con limitaciones	No utilizable
Actividades recreativas de contacto primario	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Acuicultura	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Fuente para la protección de las comunidades acuáticas	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable
Generación hidroeléctricas	Utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable con Limitaciones	Utilizable con Limitaciones
Navegación	No utilizable	No utilizable	Utilizable	Utilizable	Utilizable
Riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras	Utilizable	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable
Riesgo de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de cáscara	Utilizable	Utilizable	No utilizable	No utilizable	No utilizable

Fuente: Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía y Ministerio de Salud (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Basado en los promedios de los parámetros de interés de la serie de datos 2005 a 2011 de AMAZURLI, se clasifica la calidad del agua en función de la posición (centro u orilla) y época del año (seca o lluviosa). El método de clasificación permitió desde el punto de vista espacial, situar los puntos muestreados, en una clasificación específica y temporalmente dependiente. La Tabla 5, presenta la clasificación preliminar de la calidad del agua, los datos faltantes en la base de datos no son considerados para fines de asignación de puntos.

Fundamentado en los promedio de los valores de los parámetros estudiados, los puntos muestreados en el centro presentaron

contaminación moderada, independientemente de la época. Los puntos de la orilla presentaron contaminación incipiente en época seca y contaminación moderada en época de lluvia. Es importante resaltar que de forma individual el Punto Centro III presentó contaminación moderada independientemente de la época al igual que los puntos Jocolo (uso ganadería y caña de azúcar) y Playa Dorada (uso habitacional y ganadería); el punto Chapín (uso habitacional, palma africana y ganadería) mostró contaminación incipiente independientemente de la época. Con estos resultados el agua es clasificada como de clase 1, 2 y 3, cuyo uso y tratamiento procede según Tabla 4. En las Tablas 6 y 7 se observan los parámetros complementarios para la clasificación de la calidad del agua del lago.

TABLA 5. Clasificación preliminar de la calidad del agua del Lago de Izabal, serie de datos 2005-2011

No.	Época Punto/Centro	Seca			Lluvia		
		%Oxdis	NH ₄	DBO ₅	%Oxdis	NH ₄	DBO ₅
1	Centro 0	70,410	0,116	,	72,750	0,027	10,000
2	Centro 1	77,709	0,071	,	87,063	0,050	,
3	Centro 2	78,391	0,054	,	84,709	0,027	,
4	Centro 3	79,710	0,087	10,000	80,869	0,281	10,000
Promedio		76,555	0,082	10,000	81,348	0,096	10,000
No.	Época Punto/Orilla	Seca			Lluvia		
		%Oxdis	NH ₄	DBO ₅	%Oxdis	NH ₄	DBO ₅
5	Chapin	74,745	0,024	5,000	76,377	0,039	9,000
6	Escoria	93,575	0,030	,	91,171	0,026	,

No.	Época Punto/Orilla	Seca			Lluvia		
		%Oxdis	NH ₄	DBO ₅	%Oxdis	NH ₄	DBO ₅
7	Estor	85,355	0,066	4,3	81,171	0,035	,
8	Finca Carolina	47,800	0,050	,	74,950	0,060	,
9	Finca El Paraíso	67,550	0,010	,	78,400	0,040	,
10	Jocolo	62,182	0,071	10,000	75,706	0,037	10,000
11	Playa Dorada	70,925	0,241	10,000	72,524	0,031	10,000
12	Polochic Bujajal	76,527	0,047	,	73,979	0,076	,
13	Punta Brava	64,95	,	,	85,560	0,090	,
14	Sechoc	98,075	0,035	,	86,688	0,038	,
Promedio		74,168	0,064	7,325	79,653	0,047	9,667

TABLA 6. Clasificación de la calidad del agua del Lago de Izabal, época seca, serie de datos 2005-2011

No.	Época Punto/Centro	Seca							
		pH	Temp	NO ₃	Cr	Cu	Ni	Pb	DQO
1	Centro 0	8,216	26,333	1,639	0,038	0,075	0,060	0,465	84,000
2	Centro 1	8,451	26,400	0,713	0,034	0,068	0,094	0,436	74,000
3	Centro 2	8,562	26,573	1,449	0,037	0,085	0,064	0,516	98,000
4	Centro 3	8,553	26,670	0,921	0,041	0,053	0,065	0,414	108,000
Promedio		8,445	26,494	1,181	0,037	0,070	0,071	0,458	91,000
	Punto/Orilla	pH	Temp	NO ₃	Cr	Cu	Ni	Pb	DQO
5	Chapin	8,3473	26,6273	3,1211	0,036	0,0825	0,073	1,0767	64
6	Escoria	8,2325	28,475	2,845	0,045	0,05	0,05	0,35	,
7	Estor	8,5291	27,7727	0,682	0,03	0,065	0,083	0,6217	110
8	Finca Carolina	8,32	27,5	0,76	0,04	0,21	0,09	,	124
9	Finca El Paraíso	8,4	27,9	0,41	,	,	,	,	76
10	Jocolo	8,4633	27,4444	4,28	0,03	0,05	0,05	0,365	76
11	Playa Dorada	8,0813	26,5375	1,5163	0,03	0,05	0,025	0,44	74
12	Polochic Bujajal	8,1791	24,1818	2,2409	0,059	0,0933	0,322	0,494	102
13	Punta Brava	8,48	26,7	0,69	,	,	,	,	,
14	Sechoc	8,2725	28,425	0,48	0,04	0,05	0,05	0,44	,
Promedio		8,3305	27,1564	1,7025	0,039	0,0814	0,093	0,541	89,4286

TABLA 7. Clasificación de la calidad del agua del Lago de Izabal, época de lluvia, serie de datos 2005-2011

No.	Época Punto/Centro	Lluvia							
		pH	Temp	NO ₃	Cr	Cu	Ni	Pb	DQO
1	Centro 0	8,338	29,762	1,216	0,028	0,054	0,096	0,353	104,000
2	Centro 1	8,436	29,691	1,478	0,042	0,063	0,096	0,376	84,500
3	Centro 2	8,472	29,921	1,144	0,039	0,059	0,079	0,395	136,500
4	Centro 3	8,554	29,937	0,990	0,047	0,061	0,158	0,378	70,000
Promedio		8,450	29,828	1,207	0,039	0,059	0,107	0,376	98,750
	Punto/Orilla	pH	Temp.	NO ₃	Cr	Cu	Ni	Pb	DQO
5	Chapin	8,010	30,070	1,995	0,071	0,152	0,110	0,338	66,500
6	Escoria	7,889	31,805	1,425	0,028	0,128	,	0,645	,
7	Estor	8,453	30,935	1,754	0,044	0,082	0,084	0,392	53,000
8	Finca Carolina	8,125	30,500	0,460	0,020	0,000	0,130	0,330	182,000
9	Finca El Paraíso	8,462	31,160	1,193	0,000	0,000	,	0,000	110,000
10	Jocolo	8,340	30,816	2,309	0,061	0,046	,	0,398	119,000
11	Playa Dorada	8,389	30,223	1,955	0,030	0,050	,	0,488	92,000
12	Polochic Bujajal	8,134	26,025	2,392	0,077	0,098	0,341	0,428	18,000
13	Punta Brava	8,432	31,240	0,341	,	,	,	,	100,667
14	Sechoc	8,030	36,017	1,533	0,036	0,173	,	0,540	,
Promedio		8,226	30,879	1,536	0,046	0,104	0,166	0,445	92,646

En los análisis, para los puntos de la orilla del lago, de los parámetros complementarios pH, temperatura, N-NO₃, Cr y Cu, la calidad del agua es clasificada como Clase 1 (sin contaminación), independientemente de la época. Sin embargo, se observa contaminación incipiente de níquel acentuada en la época seca (Clase 2) lo que indica que puede ser utilizada con fines agropecuarios sin ningún tipo de tratamiento. De forma general se demostró la existencia de una contaminación muy severa de plomo en el centro y orillas independientemente de la época (Clase 5) y de contaminación de severa a muy severa de la DQO (Clases 4 y 5). Para los puntos de muestreo de mayor densidad poblacional (El Estor y Chapín) se observó contaminación incipiente (Clase 2), lo que debe llamar la atención de autoridades locales y nacionales para unir esfuerzos con el fin de mejorar el sistema de alcantarillado para recolectar los desechos líquidos domésticos y darle su posterior tratamiento antes de verterlos en el lago. En Sechoc existen actividades de tipo minero a cielo abierto (presentando niveles altos de níquel y plomo) mientras que los demás puntos de muestreo presentan actividades de tipo agrícola, ganadero y turístico. El valor promedio de la relación DBO/DQO es menor que 0,2 y el índice de biodegradabilidad (DQO/DBO) es mayor que 10 independientemente de la época, lo que indica que en el lago existe materia orgánica de naturaleza poco degradable (Alexander, 1994). Es importante mencionar en primer lugar que el Lago de Izabal es un sistema abierto, con una entrada generalizada “El río Polochic” y una salida “Río Dulce” con drenaje al Mar Caribe y en segundo lugar que la resiliencia del agua en el Lago es estimada en 6,6 meses, lo que

implica que dicha agua es re-cambiada 2 veces por año (Brinson y Nordlie, 1975), poniendo de manifiesto que el lago de Izabal es un ecosistema extremadamente dinámico, lo que sin duda, limita el efecto de época sobre la calidad del agua. Seguidamente el Índice Holandés de Calidad del Agua, es una simplificación de lo que otros autores han denominado Calidad Química del Agua (Montalvo *et al.*, 2013), carece de componentes físicos y biológicos presentes en otros índices (Behar *et al.*, 1997; Samboni *et al.*, 2007) caracterizándose por la no utilización de técnicas quimiométricas como las reportadas por Herrera *et al.* (2009); Kowalkowski (2006) y Voncina *et al.* (2002). No obstante es de fácil validación local y proporciona elementos necesarios para generar estudios posteriores, principalmente aquellos relacionados con las causas de las alteraciones de los parámetros que conforman el índice.

CONCLUSIONES

- El índice holandés permitió clasificar la calidad del agua del Lago Izabal de forma espacial y temporal en clases de uso según su grado de contaminación, para establecer estrategias de uso, manejo y conservación.
- El método utilizado propició la identificación de la contaminación incipiente de Ni, severa de DQO y muy severa de Pb, lo que indica la presencia de material orgánico de naturaleza poco degradable
- La calidad del agua del Lago Izabal de los puntos muestreados en la orilla, permite que este recurso pueda ser utilizado para fines agropecuarios sin necesidad de tratamiento alguno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, M.: *Biodegradation and bioremediation*, 302pp., Academic Press Inc. San Diego, California, USA. 1994.
- BEHAR, R.; M. ZUÑIGA; O. ROJAS: “Análisis y Valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: Casos Ríos Cali y Meléndez”, *Ingeniería y Competitividad*. 1: 17-27, 1997.
- BRINSON, M. M & G. NORDLIE: “Lake Izabal, Guatemala. Verhandlungen Internationale Vereinigung fur Theoretische Undhangeland”, *Limnology*, 19: 1468-1479, 1975.
- CALVO, G. y J. MORA: “Evaluación y Clasificación de la calidad de agua del Río Tárcoles y el Reventazón. Parte III: Calidad de cuerpos receptores de agua, según el Sistema Holandés de Valoración”, *Tecnología en Marcha*, 20 (4): 59-67, 2007.
- CALVO, G. y J. MORA: “Análisis de la calidad de varios cuerpos de agua superficiales en el GAM y la Península de Osa utilizando el Índice Holandés”. *Tecnología en Marcha*, 25 (5): 37-44, 2012.
- COSTA RICA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA Y MINISTERIO DE SALUD (MINAE-S): *Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales*, Decreto N° 33903, San José, Costa Rica, 2007.
- GUATEMALA, AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA DEL LAGO DE IZABAL Y RÍO DULCE (AMASURLI): *Base de datos, serie de los años 2005-2011*, Laboratorio de Calidad de Agua, Río Dulce, Izabal, Guatemala, 2013.
- GUATEMALA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN): *Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce (AMASURLI)*, 45pp., Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), The Natural Conservancy (TNC). Agenda de Conservación de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce, Guatemala, 2006.
- GUATEMALA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN): *Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce (AMASURLI)*, 76pp., Plan de Acción Integrado de la Cuenca del Lago de Izabal, Río Dulce, Guatemala, 2007a.
- GUATEMALA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN): *Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce (AMASURLI)*, 34pp., Agenda Estratégica Institucional 2007-2017, Guatemala, 2007b.
- GUATEMALA, OFICINA TÉCNICA DE BIODIVERSIDAD (OTECBIO): *Estudio de caso: presencia de Hydrilla verticillata (L.F.) Royle en el sistema hidrológico del Lago de Izabal y Río Dulce*, 60pp., Departamento de Izabal, Guatemala, 2003.
- HERRERA, J., S. RODRÍGUEZ, L. SOLÍS y F. CASTRO: “Aplicación de técnicas quimiométricas para clasificar la calidad de agua superficial de la microcuenca del río Bermúdez en Heredia, Costa Rica”, *Tecnología en Marcha*, 22 (4): 75-85, 2009.
- KOWALKOWSKI, T., R. ZBYTNIESWSKI; J. SZPEJNA; B. BUSZEWSKI: “Application of chemometrics in river water classification”, *Water Research*, 40: 744-752, 2006.

- MONTALVO, J., I. GARCÍA, E. PERIGÓ, O. ALBURQUERQUE, N. GARCÍA: "Calidad química del agua y sedimento en las bahías del archipiélago Sabana-Camagüey", *Revista Cubana de Química*, XXV (2): 123-133, 2013.
- SAMBONI, N.; Y. CARVAJAL; J. ESCOBAR: "Parámetros Físicoquímicos como Indicadores de Calidad y Contaminación del Agua, Estado del Arte" *Ingeniería e Investigación*, 27: 172-181, 2007.
- VONCINA, D.; D. DOBCNIK; M. NOVIC; J. ZUPAN: "Chemometric characterization of the quality of river water", *Analytica Chimica Acta*, 462: 87-100, 2002.

Recibido: 31 de agosto de 2013.

Aprobado: 20 de abril de 2014.

José Robledo, Ingeniero Agrónomo, M.C., Universidad de San Carlos (USAC), Centro Universitario de Izabal, Tel. (502) 42126338, Guatemala, Correo electrónico: jarobledoh@yahoo.com



El proyecto de colaboración internacional "Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local", **BASAL**, comenzó su ejecución oficial el 2 de abril del 2013, es coordinado por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA y cuenta con la participación de varias instituciones de este ministerio así como tiene como socio clave en su implementación a instituciones y entidades del MINAG y los gobiernos locales. Dispone de un financiamiento cercano a los 13 millones de CUC, provenientes de la Unión Europea y de la Agencia Suiza de Cooperación – COSUDE. Es implementado por el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) y tendrá una duración de 5 años (2013-2017).

BASAL tiene como objetivo apoyar la adaptación al cambio climático en el sector agrícola, a escala local, en los municipios de Los Palacios, Güira de Melena y Jimaguayú y a escala nacional, a través de la Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica del Minag y con la participación de las Direcciones de Cultivos Varios y Ganadería y el Grupo Agroindustrial de Granos de este Ministerio.

Tiene tres grandes resultados esperados:

1. *Aplicadas medidas de adaptación agropecuarias por las y los productoras/es individuales y cooperativistas en los municipios de Los Palacios, Güira de Melena y Jimaguayú, las cuales consideran las necesidades específicas de mujeres y hombres y los impactos diferenciados del cambio climático en ellas y ellos.*
2. *Consolidado el intercambio de información y conocimientos entre científicas/os y productoras/es locales y nacionales y capacitadas/os estos actores para lograr un mejor enfrentamiento conjunto a los retos del cambio climático.*
3. *Entregadas herramientas género-sensibles para enfrentar los impactos del cambio y la variabilidad climática y hacer más sostenible la producción de alimentos, a las autoridades locales y nacionales.*

Entre las principales actividades para cada Resultado están:

Resultado 1: *Rehabilitación de sistemas de riego y drenaje, Optimización del riego y asesoramiento al regante según condiciones agrometeorológicas, Rotación de suelos y de cultivos, Diversificación de la producción agrícola, Introducción de variedades más resistentes a las condiciones agrometeorológicas locales, Empleo de fertilizantes orgánicos y bioestimuladores del crecimiento, Manejo integrado de plagas y de residuales, Introducción de sistemas silvopastoriles.*

Resultado 2: *Fortalecimiento del Sistema de Extensionismo Agrícola, Implementación de Centros de Creación de Capacidades y Gestión del Conocimiento (CCC/GC), Fortalecimiento de la Red de Información Agrometeorológica y Productiva (RIAP), Intercambio de experiencias de buenas prácticas agrícolas y de experiencias exitosas nacionales e internacionales, en adaptación al cambio climático, en el sector agrícola, prioritariamente en la región de Centroamérica, el Caribe y en la Unión Europea.*

Resultado 3: *Modelos de ordenamiento ambiental municipal y comunitario, que servirían de insumos a los modelos de ordenamiento territorial, Planes de desarrollo municipales del sector agrícola, con indicadores de adaptación al cambio climático incorporados, Modelación de los impactos del cambio climático sobre la producción agrícola, disponibilidad de agua, estado de los suelos y la ocurrencia de plagas, Elaboración de escenarios socio-económicos y ambientales sobre la relación medio ambiente cambio climático, Pronósticos de cosechas.*

