
Evaluación de la Calidad del Agua en las Principales Lagunas del Estado de Chihuahua

A. Benavides^{1 y 2*}, M. Moreno^{1 y 2}, M. Sosa², S. Puga², J. Alcalá² y C. Quintana²

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV) Miguel de Cervantes # 120 Complejo Industrial Chihuahua, C.P. 31109 Chihuahua, Chih. México.

²Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua

Recibido 07 mayo 2007, revisado 09 septiembre 2007, aceptado 04 noviembre 2007

Assessment of the spatial distribution of dairy farms for the management of waste generated in the basin of Delicias, Chihuahua.

Abstract

Many countries join to the adequate management of the natural resources, as well as to the control of the contamination, by means of the implementation of tools that serve to have a better monitoring of the natural resources. Diverse materials deteriorate the quality water and they do it useless for the supposed uses. The objective of this work is to evaluate the quality of the water of the lagoons Mexican, Patos, Encinillas and Bustillos of the Chihuahua state. Two points in each lagoon were sampled of superficial water and sediment. For the samples of water the analysis of pH, electric conductivity, temperature and dissolved oxygen was carried out in field. Greases and oils, total solids and suspended, chemical demand of oxygen (DQO) and metals were quantified subsequently in the laboratory. To the samples of sediment only metals were quantified by spectrometry of emission by plasma (ICP). The value of pH found in the Encinillas lagoon in the point 1 is found out of the permissible limits (6.5 to 8.5), presenting difference among the values obtained in the two points of sampling by lagoon. The results obtained for dissolved oxygen they are found in low values. In the results of DQO was found that the greater values are presented in the Bustillos lagoon, which they are found close to the limit of 100 mg l⁻¹ permitted for sewage. Itself the presence of greases and oils was not detected in none of the samples. In the Patos and Bustillos lagoon high concentrations of solids above the value permitted by regulatory are presented. In the case of the solids suspended total only the Encinillas lagoon is found inside the permissible maximum limits for basic contaminants in natural wetlands which they are found between 75 and 125 mg l⁻¹. In the qualitative analysis carried out by ICP was found the presence from Al, As, Ca, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, P, Pb, S, Si, Ti, V y Zn. Upon quantifying them, the elements that surpass the permissible limits by regulatory for water are Al and Mn in all the lagoons and Hg, Pb in Patos lagoon. Taking as base the limits recommended by Canada (Canadian Soil Quality Guidelines) for levels of metals in agricultural soil use are surpassed these limits in the case of the molybdenum (5 mg kg⁻¹), sulfur (500 mg kg⁻¹) and arsenic (12 mg kg⁻¹). The Bustillos Lagoon, presented the highest values as for the respected parameters in this study.

Keywords: Contamination, quality, lagoon, evaluation.

Resumen

Muchos países se unen al manejo adecuado de los recursos naturales, así como al control de la contaminación, mediante la implementación de herramientas que sirvan para tener un mejor monitoreo de los recursos naturales. Diversos materiales deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos. El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad del agua de las lagunas Mexicanos, Patos, Encinillas y Bustillos del estado de Chihuahua. Se muestrearon dos puntos en cada laguna recolectando agua

* Autor de correspondencia
E-mail: alejandro.benavides@cimav.edu.mx

superficial y sedimento. Para las muestras de agua la determinación de pH, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto se realizó en campo. Grasas y aceites, sólidos totales y suspendidos, demanda química de oxígeno (DQO) y metales se cuantificaron posteriormente en el laboratorio. A las muestras de sedimento sólo se les cuantificó metales por espectrometría de emisión por plasma (ICP). El valor de pH encontrado en la laguna de Encinillas en el punto 1 se encuentra fuera de los límites permisibles (6.5 a 8.5), presentando diferencia entre los valores obtenidos en los dos puntos de muestreo por laguna. Los resultados obtenidos para oxígeno disuelto se encuentran en valores bajos. En los resultados de DQO se encontró que los valores mayores se presentan en la laguna de Bustillos, los cuales se encuentran cercanos al límite de 100 mg/L permitidos para aguas residuales. No se detectó la presencia de grasas y aceites en ninguna de las muestras. En la laguna de Patos y de bustillos se presentan altas concentraciones de sólidos por encima del valor permitido por normatividad. En el caso de los sólidos suspendidos totales sólo la laguna de Encinillas se encuentra dentro de los límites máximos permisibles para contaminantes básicos en humedales naturales los cuales se encuentran entre 75 y 125 mgL⁻¹. En el análisis cualitativo realizado por ICP se encontró la presencia de Al, As, Ca, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, P, Pb, S, Si, Ti, V y Zn. Al cuantificarlos, los elementos que sobrepasan los límites permisibles por normatividad para agua son Al y Mn en todas las lagunas y Hg, Pb en Patos. Tomando como base los límites recomendados por Canadá (Canadian Soil Quality Guidelines) para niveles de metales en suelo de uso agrícola solo se sobrepasan estos límites en el caso del molibdeno (5 mgkg⁻¹), azufre (500 mgkg⁻¹) y arsénico (12 mgkg⁻¹). La laguna de Bustillos, presentó los valores más altos en cuanto a los parámetros considerados en este estudio.

Palabras clave: Contaminación, calidad, laguna, evaluación.

Introducción

Los lagos, charcas y lagunas se forman en depresiones terrestres que almacenan agua estancada. Su profundidad varía entre 1 y 2000 m, y su superficie puede abarcar unos cuantos m² hasta miles de km². Algunos se han formado por la deposición glacial o por la erosión. Otros se forman por el embalse de los ríos al depositarse piedras, troncos y otro tipo de materiales que evitan que el agua del río corra. Dada la íntima relación de los ecosistemas lacustres con los terrestres que los rodean, el aporte de materiales de unos a otros es inevitable. Hoy en día, cantidades muy importantes de sedimentos se depositan en los lagos provenientes de los alrededores. Muchos de los aportes consisten en aluviones arrastrados por los ríos que llevan materia orgánica, restos de la actividad humana (materiales de construcción, materiales de campos agrícolas, sedimentos de minas, restos de fertilizantes y plaguicidas, detritos humanos provenientes de los desagües, etc.) Estos aportes llevan grandes cantidades de compuestos formados a base de fósforo, nitrógeno y materia orgánica. Las plantas que mueren y el aporte de materia orgánica producen mayor cantidad de materia en descomposición, sobre la que actúan las bacterias. Esta actividad consume la cantidad de

oxígeno disuelto, modificando las condiciones del medio y restringiendo la vida por debajo de la superficie. El número de especies se reduce considerablemente y la actividad termina por limitarse a la superficie.

La definición de calidad del agua es de difícil especificación por su complejidad. Son dos los principales condicionantes de la composición química y biológica de las aguas superficiales y, en particular, de las de los ríos y canales. Por una parte, la disolución y arrastre de sustancias naturales que son propias de los terrenos por lo que previamente han circulado las aguas, que podríamos definir como contaminación natural; por otra, la recepción de efluentes generados por la propia actividad humana, urbana, agrícola, pastoreo e industrial, que constituyen la contaminación artificial (Belmonte, 2003).

Material y métodos

Descripción del área de estudio

Dentro de los depósitos lacustres naturales localizados en áreas de pastizales más importantes en el estado de Chihuahua se encuentran la laguna de Patos, laguna de Encinillas, laguna de Mexicanos y laguna de Bustillos.

Laguna de Patos

La laguna de Patos o San José, mejor conocida anteriormente como la laguna del Pastor perteneciente a la vertiente continental, y capta las aguas del río del Carmen y Santa Clara, se localiza dentro del municipio de Villa Ahumada. (Holguín, 2004).

Laguna de Encinillas

Se localiza en la parte septentrional del municipio de Chihuahua, se alimenta de las aguas de los arroyos denominados el Sauz, la Primavera, el Niño, la Bernarda de los Sauces y otros de menor importancia; su cuenca hidrográfica llega a los 3300 Km² (Holguín, 2004).

Laguna de Mexicanos

Localizada dentro del municipio de Cusihuiachi, recibe las aguas del arroyo los Alamos y de otros arroyos de curso corto contando su cuenca hidrográfica con 680 km² (Holguín, 2004).

Laguna de Bustillos

Esta laguna abarca unas 10,000 ha aproximadamente y se localiza a 2,000 msnm en la zona centro del estado de Chihuahua, en el municipio de Cuauhtémoc. Tiene forma ovoide rodeada por pastizales naturales, inducidos y tierras de cultivo. Hay algunos pequeños poblados alrededor de ella, pero sólo en la parte sur existen carreteras y vías de ferrocarril que comunican al poblado de Anáhuac.

Métodos recomendados para caracterización de muestras de agua

Determinación de sólidos y sales disueltas

Las aguas naturales o residuales con altos contenidos de sólidos suspendidos o sales disueltas no pueden ser utilizadas en forma directa por las industrias o por las plantas potabilizadoras. NMX-AA-034-SCFI-2001

Determinación de sólidos sedimentables: La norma mexicana NMX-AA-004-SCFI-2000 establece el método de prueba para la determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

Determinación de la conductividad electrolítica: La conductividad electrolítica es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y

concentraciones relativas, así como de la temperatura. NMX-AA-093-SCFI-2000.

Determinación de grasas y aceites: La determinación de grasas y aceites incluye ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia susceptible de ser extraída con hexano. NMX-AA-005-SCFI-2000.

Determinación de metales:

Algunos metales son esenciales, otros pueden afectar adversamente a los consumidores de agua, sistemas de tratamiento de aguas residuales y cuerpos receptores de agua.

NMX-AA-051-SCFI-2001.

Determinación de la demanda química de oxígeno:

La demanda química de oxígeno (DQO) es usada ampliamente para estimar la cantidad de materia orgánica en las aguas superficiales. Esta es una medida del oxígeno equivalente a los materiales presentes en las aguas superficiales que son sujetas a oxidación.

Resultados y discusión

Para resumir los nombres de los puntos de muestreo se utilizó la siguiente nomenclatura: laguna de Patos (P), laguna de Encinillas (E), laguna de Mexicanos (M) y laguna de Bustillos (B). Para diferenciar los dos puntos de muestreo en cada una de las lagunas se utilizó un número 1 ó 2 según corresponda.

Los resultados obtenidos de los parámetros analizados en campo se presentan en la tabla 1, estos son temperatura (T), pH, conductividad eléctrica (CE) y oxígeno disuelto (OD) de las muestras de agua. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para OD los cuales se encuentran por debajo de los valores aceptables para que se desarrollen los organismos acuáticos, ya que niveles de OD por debajo de 40 % dañan a la mayor parte de los organismos. Los resultados del análisis de DQO se presentan en la tabla 2, en los cuales se aprecia que los valores mayores se presentan en la laguna de Bustillos, los cuales se encuentran cercanos al límite de 100 mg l⁻¹ permitidos para aguas residuales. No se detectó la presencia de grasas y aceites en el análisis realizado a todas las muestras. En el caso de los sólidos suspendidos totales sólo la laguna de Encinillas se

encuentra dentro de los límites máximos permisibles para contaminantes básicos en humedales naturales los cuales se encuentran entre 75 y 125 mgL⁻¹, según la NOM-001-ECOL-1996.

Tabla 1. Parámetros determinados en campo.

Muestra	T °C	pH	CE µS/cm	OD %
P1	23.9	7.30	698	10.3
P2	27.0	7.18	705	-
E1	26.3	5.96	287	16.0
E2	26.4	6.62	300	-
M1	16.4	7.62	134.2	15.7
M2	11.9	7.37	134.4	12.5
B1	14.3	8.31	841	12.2
B2	16.5	8.39	851	19.0

Tabla 2. Demanda química de Oxígeno (DQO), Grasas y Aceites.

Muestra	DQO mg/L	Rango mg/L	Grasas y Aceites mg/L
P1	56.0	0-150	No detectado
P2	51.0	0-150	No detectado
E1	47.0	0-150	No detectado
E2	41.0	0-150	No detectado
M1	27.0	0-150	No detectado
M2	32.0	0-150	No detectado
B1	86.0	0-1500	No detectado
B2	94.0	0-1500	No detectado

En el análisis cualitativo realizado por ICP se encontró la presencia de Al, As, Ca, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, P, Pb, S, Si, Ti, V y Zn. Estos elementos se cuantificaron y los resultados se presentan en la tabla 4, en donde se observa que para aluminio, todos los valores son superiores a los permitidos por normatividad para agua de uso humano de 0,2 mgL⁻¹. Los valores encontrados en agua para cobre y zinc entran dentro de los límites permisibles, lo cual no ocurre con las concentraciones encontradas para mercurio en la laguna de Patos el cual es de 0.005 mgL⁻¹ y para plomo de 0.2 mgL⁻¹. Todas las muestras se encuentran fuera del límite permisible para manganeso ya que es de 0.15 mgL⁻¹. Para el caso de Ca, Fe, Mg, Mo, Ti y V, no se cuenta con normatividad que indique los límites máximos permisibles, sin embargo, se observa que continúa la tendencia de presentarse las concentraciones más altas en la laguna de Patos.

Se observa que existe una evidente diferencia entre la temperatura encontrada en el agua de las muestras tomadas en el mes de octubre y las del mes de noviembre. En cuanto al pH se encontró que sólo en la laguna de Encinillas en el punto de

muestreo 1 el valor se encuentra fuera de los límites permisibles por normatividad (NOM-127-SSA1-1994) de 6.5 – 8.5, y en realidad es la única laguna que presenta diferencia entre los valores obtenidos en los dos puntos de muestreo por laguna. En la tabla 3 se observa que en la laguna de Patos se presenta un problema por las altas concentraciones de sólidos que se presentan. Estos valores se encuentran muy por encima del valor permitido por normatividad, seguidos por los obtenidos en la laguna de bustillos. Para arsénico, el límite máximo permisible en humedales naturales es de 0.1 mgL⁻¹, afortunadamente en ninguno de los puntos de muestreo se sobrepasa este límite, la laguna de Patos y la laguna de Bustillos presentan los resultados más próximos a este valor. Los valores encontrados en agua para cobre y zinc entran dentro de los límites permisibles por normatividad.

Tabla 3. Sólidos totales, sólidos suspendidos totales y sales disueltas totales en agua, en mgL⁻¹.

Muestra	ST	SST	SDT
P1	8704	484	8220
P2	9088	710	8378
E1	1096	96	1000
E2	920	20	900
M1	898	152	746
M2	1256	475	781
B1	1978	653	1325
B2	1736	400	1336

En los resultados obtenidos de la prueba de grasas y aceites, no se detectó la presencia de este contaminante.

Conclusiones

Respecto al análisis realizado de grasas y aceites no se presentó este tipo de contaminación.

En el caso de los sólidos suspendidos totales sólo la laguna de Encinillas se encuentra dentro de los límites máximos permisibles por normatividad, siendo la laguna de patos y la laguna de bustillos las que presentan los valores más altos en este parámetro, por lo que se concluye que tienen una mayor cantidad de sólidos sedimentables, y materia orgánica en suspensión y/o coloidal que las otras lagunas. En cuanto a las sales disueltas totales la laguna de Patos supera por mucho a las otras lagunas concluyendo que es la que presenta una mayor cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua. Para la CE se

concluye que el contenido de iones disueltos en la laguna de Bustillos es mayor en comparación con el resto de los puntos muestreados. En la laguna de Mexicanos y de Encinillas se observa una baja CE en relación a los valores normales conocidos en aguas subterráneas. Los valores de DQO más altos se presentaron en la laguna de Bustillos, lo cual era de esperarse debido a los problemas de contaminación que sufre debido a descargas de aguas residuales dentro de la laguna tanto industriales como urbanas. Sin embargo, el resto de los puntos muestreados registra valores considerados como de baja contaminación.

Bibliografía

- Agüero A. (2004). Determinación de indicadores de impacto ambiental en una población rural. Tesis de licenciatura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna, Torreón, Coahuila. En línea.
- Amado J. y Ortiz P. 2001. Consecuencia de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre la producción de avena irrigada con agua residual. Terra, latinoamericana, abril-junio, año/vol. 19, número 002
- Báez A. 2002. Efecto de la calidad del agua de riego sobre las propiedades del suelo. Convenio Instituto nacional de tecnología agropecuaria-Ministerio de asuntos agrarios y producción. Buenos Aires, Argentina.
- Belmonte E., Bermúdez J., Casino A. y Veres E. (2003) Un indicador global para la calidad del agua. 27 congreso nacional de estadística e investigación operativa. 8-11
- BioDiversitas. 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: un recuento actual. Boletín semestral de la comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Año 8, No. 48.
- Díaz C., Esteller M. y López F. (2006) Recursos hídricos. Conceptos Básicos y estudios de caso en Iberoamérica. Foro mundial del agua.
- Hach Water Analysis Handbook. Tercera edición. Hach Company, 1997.
- Holguín A. (2004). Chihuahua pasado, presente y futuro. Colección entidades federativas. Tercera edición.
- Lum K. Los humedales: elemento clave de la respuesta a la crisis del agua. La jornada ecológica. Suplemento de abril. 2005.
- NMX-AA-004-SCFI-2000: Análisis de agua-determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- método de prueba.
- NMX-AA-005-SCFI-2000: Análisis de agua- determinación de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- método de prueba.
- NMX-AA-034-SCFI-2001: Análisis de agua- determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- método de prueba.
- NMX-AA-051-SCFI-2001: Análisis de agua- determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas- método de prueba.
- NMX-AA-093-SCFI-2000: Análisis de agua-determinación de la conductividad electrolítica- método de prueba.
- NOM-001-ECOL-1996: Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-127-SSA1-1994: Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- Rubio H, et al. (2005) Water quality in the laguna de Bustillos, México. Water Resources Management III. Wessex Institute of Technology. UK and University of Coimbra, Portugal. . Pg. 155-160.