



# Elaboración de la matriz de geoindicadores ambientales en la presa José López Portillo (Cerro Prieto), fuente superficial de abastecimiento de agua potable de Monterrey, N.L., México

HÉCTOR DE LEÓN GÓMEZ\*, FRANCISCO MEDINA BARRERA\*,  
LILIANA LIZÁRRAGA MENDIOLA\*

Es indiscutible que regiones como el noreste de México, incluyendo los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, con marcado clima semiárido en gran parte de su extensión, tienen la necesidad de regular los escurrimientos de sus ríos, no sólo con la intención de sus aprovechamientos para uso potable, agrícola o generación de energía eléctrica, sino para proteger las poblaciones ribereñas de avenidas extraordinarias.

Las estructuras climatológica, geomorfológica y geológica hacen del noreste de México una región propicia para la construcción de presas y embalses en sus ríos, máxime teniendo en cuenta la gran extensión que la agricultura y ganadería ocupan en el noreste de México y la importancia que el desarrollo industrial tiene para el progreso de la economía regional y nacional.

En el área de las Ciencias de la Tierra, los geoindicadores ambientales son medidas que determinan la magnitud, velocidad, distribución, recurrencia, relaciones y tendencias evolutivas de los

procesos geológicos que ocurren en o cerca de la superficie, y que están sujetos a cambios significativos en periodos menores a 100 años, por ejemplo: calidad del agua y suelo, modificaciones del nivel freático en las aguas subterráneas, sobreexplotación de los mantos acuíferos, aumento del déficit de agua de las poblaciones, incremento de sustancias contaminantes y afectación de la flora y fauna, entre otros.<sup>1</sup>

La identificación de las alteraciones ambientales tiene por objetivo generar grupos de geoindicadores de impacto que sean de utilidad en los estudios de impacto ambiental. De esta manera se determinará el grupo de elementos o factores ambientales que pudiesen verse afectados de manera significativa por el desarrollo de la actividad. Los impactos ambientales en presas de almacenamiento para agua potable generados por cualquier actividad, principalmente antropogénica, obligan

\* Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, Hacienda de Guadalupe, Linares, N. L., México.

al cumplimiento de una serie de etapas constituidas por la identificación de impactos, la predicción y evaluación de los mismos, así como la información a los gestores de las conclusiones obtenidas de ello.

Desde que se construyeron las presas de almacenamiento para agua potable en el estado de Nuevo León, presa La Boca (1965), presa Cerro Prieto (1982) y presa El Cuchillo (1991), no se estimaba o no eran requisito para su construcción los estudios de impacto ambiental relacionados con los geoindicadores de los mismos, solamente se cumplía con los estudios básicos de diseño: hidrológicos, geomorfológicos y geológicos.<sup>2</sup>

A través de los años de operación y funcionamiento de estas presas, se ha venido observando que dichas fuentes se encuentran en un estado de operación y conservación deficiente, ocasionado por la falta de identificación, documentación y evaluación de los geoindicadores ambientales; lo que repercute enormemente en el suministro de agua de las poblaciones, la estabilidad de las obras hidráulicas, modificaciones en el nivel freático de las aguas subterráneas, entre otros.

Desde 1982 se ha observado que la presa Cerro Prieto se encuentra en un estado de conservación deficiente. Ésta representa una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable en el Sistema de Abastecimiento Regional de Monterrey y su zona conurbana (figura 1).

La demanda actual de agua para los usos doméstico, municipal e industrial de Monterrey es de 15 m<sup>3</sup>/s, considerando el número de habitantes, casi 4 millones, y una dotación diaria per cápita



Fig. 1. Área de la presa Cerro Prieto, fotografía aérea del INEGI, 1980.

de 370 l/s. Sin embargo, dicha demanda sólo es cubierta aproximadamente con 9 m<sup>3</sup>/s por las fuentes superficiales (presas Cerro Prieto, El Cuchillo y La Boca) y subterráneas (campo de pozos Mina, campo de pozos Monterrey, campo de pozos del acuífero Buenos Aires/Huasteca, socavón de San Francisco y túneles de la Cola de Caballo). Comparando la demanda total (15 m<sup>3</sup>/s) con la oferta (9m<sup>3</sup>/s), resulta un déficit de 6 m<sup>3</sup>/s.<sup>24</sup>

## Descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza a 20 km al NE de la ciudad de Linares, N. L. (figura 2), a una elevación de 351 msnm, en una región con clima semiárido-subtropical, con altas temperaturas en el verano y poca precipitación el resto del año. La temperatura promedio en la zona es de 22.3°C, mientras que la precipitación promedio anual es de 805 mm.

## Antecedentes

La cantidad y calidad del agua de la presa Cerro Prieto se ha visto afectada a través de sus años de servicio, debido principalmente al bajo suministro de agua a Monterrey y a la contaminación superficial y subterránea del vaso y cuenca de captación de la presa por la acción antropogénica (doméstica, municipal e industrial).

A través de la presente investigación se pretende analizar la problemática anterior, aplicando el concepto actual de geoindicadores ambientales.

La presa Cerro Prieto, desde su construcción hasta la fecha, ha suministrado agua potable a Monterrey y su área metropolitana a un promedio de 2.41 m<sup>3</sup>/s, es decir, el 30% del abastecimiento. Cabe mencionar que el diseño de suministro fue de 4.1 m<sup>3</sup>/s.

Los geoindicadores de esta disminución, entre otros, se deben principalmente a las enormes filtraciones que se localizan directamente al pie de la cortina y se encuentran distribuidos en una red de flujo hidráulico de casi 3 km<sup>2</sup> de extensión.

Así como el tipo de geoindicador ambiental descrito antes, existe una diversidad de geoindicadores por documentar e identificar en dicha presa; la identificación y clasificación de cada uno de és-

tos contribuirá a la planeación previa, durante y posterior a la construcción de ésta, así como a la protección de los recursos hidráulicos del país que servirán de guía en proyectos futuros de construcción de presas.

En el área de estudio, la investigación de la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales es incipiente y se desconocen las repercusiones e impactos que sobre suelos, rocas y mantos acuíferos hayan ocasionado, por ejemplo, la disposición de aguas residuales industriales, fugas y derrames de hidrocarburos, la infiltración de lixiviados en sitios de disposición de basura, desechos tóxicos y las lagunas de oxidación que captan las aguas residuales generadas por la población de Linares.

En 1993, Rodríguez de Barbarín *et al.*,<sup>5</sup> estudiaron, a través de métodos físicos, químicos y bacteriólogos, la calidad de las aguas superficiales en más de 300 muestras de agua de la zona Linares-presa Cerro Prieto, detectando altas concentraciones de microorganismos fecales (coliformes) con valores mayores a 1600 NMP/100 ml, cuyo origen se atribuye a las descargas de aguas residuales de la ciudad de Linares hacia el río Camacho. Sobre la tendencia natural del sistema para depurar, diluir y estabilizar las descargas en su recorrido y llegadas al vaso de la presa, es hoy en día el paradigma a investigar, relacionado también con las lagunas de oxidación y el tiradero sanitario municipal, ambos localizados dentro de la cuenca de captación de la presa y muy cerca del vaso.

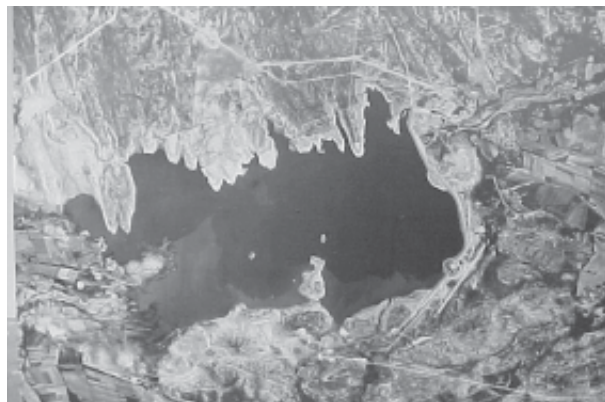


Fig. 2. Vaso de la presa Cerro Prieto, fotografía aérea del INEGI, 1986.

La normatividad mexicana contempla la peligrosidad de los compuestos y productos anteriores dentro de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CECA), así como las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que establecen los límites máximos permisibles contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y también en las Normas Oficiales Mexicanas referidas a residuos peligrosos NOM-CRP-001-ECOL/93 y NOM-CRP-003-ECOL/93.

## Materiales y métodos

La identificación de los geoindicadores de impacto ambiental se realizó de manera sistemática, apoyándose en la existencia de cuatro tipos de metodologías principales:

- 1) Lista de contraste y revisión<sup>6,7</sup>
- 2) Matrices<sup>8,9</sup>
- 3) Redes<sup>10,11</sup>
- 4) Métodos específicos.<sup>12-16</sup>

Cabe resaltar que debido a la naturaleza del proyecto y confiabilidad de los grupos de geoindicadores ambientales, se aplicó como metodología principal de esta investigación el método de matrices.

Las matrices usadas para la identificación de impacto están típicamente constituidas por una lista de las actividades precisas para el desarrollo del proyecto, las cuales se enfrentan, en una tabla de doble entrada, a otra lista de indicadores de impacto. Se forma así una matriz que puede usarse para la detección de las relaciones causa-efecto, aunque encuentran también un importante campo de aplicación en la definición cualitativa de las mismas relaciones causa-efecto. Al igual que las listas de revisión, se puede recurrir a las matrices proporcionadas por autores u organismos, o bien, desarrollar las apropiadas en cada caso.<sup>8,9</sup> La matriz más conocida es la de Leopold, a partir de la cual la Comisión de las Grandes Presas (ICOLD) obtuvo una matriz creada específicamente en la construcción y explotación de presas y embalses. En su forma original permite construir series de matrices ordenadas en el tiempo. Esta matriz se caracteriza

por presentar, tanto en filas como en columnas, los mismos componentes medioambientales, y en ella, las señales en las celdas denotan la existencia de relaciones de dependencia entre dichos componentes.

Durante la etapa inicial de la presente investigación se efectuaron los trabajos de campo, mismos que incluyen el reconocimiento del grupo de geoindicadores, recorridos geológicos, mediciones de niveles freáticos, muestreos de aguas contaminadas y no contaminadas, resaltando la identificación, clasificación y evaluación en campo de los indicadores.

A través de la cartografía hidrogeológica se documentaron y midieron todos los aprovechamientos hidráulicos (pozos, norias, etc.), obteniendo los niveles estáticos y dinámicos y la posición geográfica del pozo (GPS). El conjunto de todos estos datos se vació a una carta-base de documentación de aprovechamientos hidráulicos para la elaboración de la carta hidrogeológica. Cabe aclarar que sólo se aplicó dicha metodología en la zona del tiradero de Linares.

Para el estudio físico-químico-bacteriológico de las aguas del área de estudio se efectuaron etapas de muestreos de aguas en el área del tiradero de basura, determinando los iones mayoritarios y su contenido en coliformes fecales. Para ello se requirió del uso del Laboratorio de Geoquímica de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la UANL. Las muestras de aguas se realizaron contemplando los cambios climáticos de las estaciones, es decir, en condiciones de escurrimientos normal, estiaje y extraordinarios. Las determinaciones de campo y laboratorio se realizaron con métodos estandarizados.<sup>17</sup>

A través de la documentación física de la serie de geoindicadores de impacto ambiental se estudiaron y analizaron, tanto en su cuenca de captación como en los alrededores de ésta, los siguientes: lagunas de oxidación del drenaje sanitario generadas por más de 100,000 habitantes de Linares y sus colonias conurbanas; el tiradero municipal que alberga toneladas de desechos domésticos, municipales e industriales, entre otros. Dichas fuentes contaminantes se localizan a casi tres kilómetros de distancia del vaso de la presa y del río

Pablillo, colector de la misma; las descargas de la ciudad industrial (óxidos y pinturas) que descargan sobre el río Camacho, afluente del río Pablillo; derrames de hidrocarburos de la estación de servicio PEMEX, aproximadamente 40 000 litros derramados al acuífero contaminando pozos y norias para agua potable en septiembre de 1994 (c. personal del constructor), así como el río Camacho a la altura del ejido del mismo nombre; descargas de aguas residuales de los talleres al drenaje sanitario ubicados en Linares, descargas domésticas vertidas a los ríos de la cuenca de la presa en la zona de Linares; descargas domésticas de los asentamientos ubicados en la periferia del vaso de la presa (Centro Turístico “Cerro Prieto”); usos del suelo del área de embalse de la presa para fines agrícolas y ganaderos (uso de fertilizantes y producción de excreta); desechos de aceites y grasas de la actividad recreativa en las palapas de la presa (aquamotos); generación de la banda árida, debido a cambios drásticos en los volúmenes de almacenamiento; filtraciones de la presa (1000 l/s); deslizamientos de los diques de la presa, entre otros.

En la presente investigación, las actividades desarrolladas se circunscribieron específicamente al área y cuenca de la presa, la cual tiene una extensión de 1708 km<sup>2</sup> identificando, clasificando y evaluando los grupos de geoindicadores de impacto ambiental en la presa de almacenamiento para agua potable “Cerro Prieto” y su cuenca de captación del río Pablillo, basados en la metodología de matrices siguientes:

### 1.- Grupo de geoindicadores de impactos económicos y sociales

- Usos del agua (diferenciar los usos prioritarios del agua de la presa).
- Protección contra riesgos naturales (épocas de huracanes y tormentas tropicales).
- Sitios de interés científico (desaparición de afloramientos geológicos importantes).
- Turismo y usos recreativos (accidentes en torneos de “Aquamotos” contaminan el agua del vaso).
- Patrimonio cultural (desaparición de monumentos geológicos naturales).

- Agricultura y ganadería (las aguas del río Pablillo serán exclusivas para el llenado de la presa, marginando las hectáreas agrícolas y ganaderas antes de su construcción).
- Suministro de agua potable a Linares (poca agua en las redes de distribución de los pobladores).

## 2.- Grupo de geoindicadores geológico-ambientales

- Morfología (cambio de fisiografía y taludes deslizables de zonas saturadas).
- Erosión (erosiones anteriores al vaso de almacenamiento y sus bordes).
- Transporte en suspensión (contaminación de la corriente).
- Arrastre de fondo (azolve grueso hacia el vaso, disminuye la capacidad del almacenamiento).
- Depósitos (residuos sólidos provenientes de la construcción cambian la morfología).
- Estabilidad de taludes del vaso (inestabilidad de las laderas por oleaje).
- Sismos inducidos (zonas de fallas activas).
- Salinidad de los suelos (parcelas salobres).
- Inundaciones (pérdida del suelo por inundación y usos del mismo).
- Creación de zonas pantanosas (debido a filtraciones).
- Generación de la “banda árida” (por el cambio de volúmenes en el vaso).
- Pérdida de velocidad de corriente del colector del vaso (aumento del lecho del río, azolvamiento de puentes y carreteras).
- Aporte de residuos por actividades recreativas (basura, aceites, gasolina, descargas domésticas, accidentes de lanchas, etc.).
- Impacto en los usos del suelo aledaños y en las cercanías al vaso y cuerpos de agua (agrícolas y ganaderos).
- Alteraciones del nivel freático en el vaso y sus alrededores (afecta los mantos acuíferos profundos).
- Excavaciones durante la construcción de la presa (afecta las direcciones del flujo del agua subterránea).
- Cambios de medio ambiente de río a lago y reducción de la diversidad de especies.
- Eliminación de aporte de lodos a la vegetación ribereña.
- Vaso de almacenamiento saturado de azolves (disminuye la vida útil de la presa y genera excavación del río colector “Pablillo”).
- Contaminación del agua por cuerpos de aguas residuales y desechos domésticos establecidos en la cuenca de captación (las lagunas de oxidación de agua del drenaje de Linares y el relleno sanitario municipal se encuentran en la cuenca de captación de la presa).
- Impacto del suelo inundado sobre la calidad del agua.
- Deficiencias de oxígeno disuelto a causa de la descomposición orgánica en el vaso.
- Disolución de hierro y manganeso en el vaso de almacenamiento.
- Eutroficación del vaso (entrada de fósforo y nitrógeno).
- Estratificación térmica (los cambios de temperatura alteran la eutroficación y generan anoxia).
- Impacto de la evaporación del agua del vaso (genera terrenos salobres).
- Desequilibrio del agua superficial y subterránea durante épocas de huracanes y tormentas.
- Afectación de la flora y fauna del área.

Una vez identificados, clasificados y evaluados en su totalidad los grupos de geoindicadores, aplicando la metodología de matrices que nos determina la relación de causa-efecto, se elaborarán programas de remediación y saneamiento de los geoindicadores que así lo requieran para que no continúen impactando una de las fuentes de abastecimiento de agua potable de Monterrey.

## Resultados y discusión

Después de concluir con la determinación de la diversidad de grupos de geoindicadores de impacto ambiental, y considerando la identificación, clasificación y evaluación de éstos en visitas de campo comprendidas en las áreas de la presa, tanto sus alrededores, zonas aguas arriba y abajo y su cuenca de captación denominada “Cuenca del río Pablillo” con un área de 1708 km<sup>2</sup> y que se localiza en la parte este de la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera del Golfo Norte, se obtuvo como resultado la matriz de geoindicadores de impacto ambien-



tal (tabla I).

Como resultado de la elaboración de la matriz de geoindicadores ambientales obtenida de la presa Cerro Prieto, y en parte de su cuenca de captación, se describe su importancia en el abastecimiento de agua potable:

- Las relaciones causa-efecto obtenidas en las respectivas filas y columnas muestran una dependencia estrecha de casi un 90%.
- Los usos del agua afectan en mayor medida al grupo de impactos económicos y sociales y de manera decreciente a los impactos sobre agua y geológicos. Los impactos sobre la flora-fauna se consideran de mediano impacto.
- Los tipos de acciones realizadas durante los estudios iniciales y posteriores a su funcionamiento afectan más en los impactos económicos y sociales, seguidos por los geológicos y flora/fauna, y en menor magnitud los impactos sobre el agua.
- Las zonas afectadas que se considera que afecten en igual magnitud los grupos de geoindicadores económico y social, geológico, sobre el agua, clima y flora/fauna.
- Las acciones correctivas propuestas se concentran en los grupos de impactos económico y sociales, geológico, sobre el agua y finalmente sobre la flora y fauna.

La utilidad y aplicación práctica del uso de la matriz de geoindicadores en presas se sitúa en el conocimiento de los elementos ambientales que se afectan drásticamente por las actividades desarrolladas en ella, antes, durante y después de su construcción, así como en la etapa de operación. Una vez identificados se propusieron acciones correctivas que podrían contribuir a la disminución del impacto ambiental ocasionado, sobre todo en los grupos de impacto económico-social y geológico. Si éstos persisten, la afectación se considera como impacto residual, el cual deberá mantener acciones correctivas permanentes en la operación de la presa Cerro Prieto.

Las afectaciones más importantes a considerar en la obtención de la matriz se concentran en las enormes filtraciones que afectan el suministro de agua potable de Monterrey y la estabilidad de la

cortina que podría generar colapsos hidráulicos de la presa.

En la matriz se muestran las relaciones causa-efecto existentes entre los grupos de geoindicadores ambientales, dándole mayor importancia al grupo geológico-ambiental de acuerdo a la naturaleza geológica de la investigación. Es de resaltar también la serie de acciones correctivas propuestas para aquellos grupos de geoindicadores que lo requieren.

Las recomendaciones o acciones correctivas propuestas en los diferentes grupos de impactos analizados se pueden observar en la tabla I, las cuales aminoran los efectos derivados de las actividades contempladas, así como se analizó si dichas recomendaciones no producirían, a su vez, repercusiones negativas en el entorno.

Las acciones correctivas de los impactos consistieron en: reducir el impacto, cambiar la condición del mismo y compensarlo. La reducción del impacto se consiguió limitando la intensidad o agresividad de la acción que lo provoca. El cambio de la condición de éste puede realizarse mediante actuaciones favorecedoras de los procesos de regeneración natural que disminuyan la duración de los efectos y, finalmente, la compensación ha de contemplarse cuando el impacto sea recuperable. Debe resaltarse que la eficacia de las recomendaciones o acciones correctivas depende de su aplicación simultánea con la ejecución de la obra, o inmediatamente a la finalización de ésta; sin embargo, en las fases de la planeación y diseño, pueden articularse otros tipos de medidas correctivas encaminadas a reducir los posibles efectos que pudieran derivarse del diseño del proyecto y, para los cuales, habría que aplicar recomendaciones correctivas propiamente dichas.

Los aspectos peculiares del estudio de los geoindicadores ambientales relativos al embalsamiento de agua son consecuencia directa de la naturaleza de los cambios sustanciales que dicha actividad infringe, tanto al medio en el que la presa se establece, como a aquellos otros más o menos alejados sobre los que influye. Probablemente el aspecto más característico, desde el punto de vista medioambiental, sea la aparición de un ecosistema nuevo y extraño al lugar que lo acoge, lo

que comporta la destrucción del ecosistema anterior. Este cambio artificial originará repercusiones sobre otros sistemas naturales relacionados con él.

Un aspecto de esta actividad y de sus repercusiones es la exigencia que impone sobre las características del medio en que se construyó la presa. Esta situación origina, con frecuencia, emplazamientos únicos, en los que las alternativas se producen como consecuencia de los tipos de presas o el volumen de agua almacenado.

Las repercusiones de tipo social y económico que esta actividad, en algunos casos, origina, pueden tener un alcance imprevisible. Si la protección contra las avenidas, el suministro de agua potable a las poblaciones o el riego agrícola de superficies se encuentran entre los beneficios, las repercusiones negativas pueden ser de índole realmente grave: la inundación de tierras de cultivo o poblaciones completas, la aparición de elementos de riesgos geológicos o simplemente la destrucción de un paisaje irremplazable y característico de una región natural, todas ellas son pérdidas de difícil evaluación.

## Conclusión

En este artículo se desarrolló la matriz de geoindicadores ambientales de una fuente de suministro de agua potable: la presa Cerro Prieto. Su utilidad y aplicación se concentra en conocer las repercusiones de tipo social/económico, geológico/ambiental y flora/fauna originados por la instalación de ésta. Cabe destacar que el abastecimiento de agua potable para Monterrey es fuertemente impactado debido a las enormes filtraciones de la cortina de la presa, así como a la gran contaminación del vaso y su cuenca de captación. Como característica importante es frecuente que los proyectos hidráulicos modernos de este tipo presenten objetivos múltiples.

Los resultados obtenidos son la base para la creación de un modelo de identificación de geoindicadores ambientales para presas de almacenamiento, aplicable al resto de presas (Rodrigo Gómez "La Boca" y El Cuchillo), las cuales forman parte del Sistema Regional de Abastecimiento de Agua Potable de Monterrey y su zona conurbana,

para así lograr una planificación, seguimiento, mejor aprovechamiento y protección adecuada de los recursos hidráulicos de nuestro país.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (Paicyt) de la UANL, a través del proyecto de investigación clave CT346-00.

## Resumen

Con el objetivo de conocer el estado del funcionamiento actual de la presa Cerro Prieto, en Linares, N. L., se elaboró la matriz de geoindicadores de impacto ambiental. Se basó en la aplicación de la metodología de matrices, considerando los tipos de impacto social/económico, geológico/ambiental y flora/fauna. Los resultados obtenidos son la base para la creación de un modelo de identificación de geoindicadores ambientales para presas de almacenamiento de agua potable en el noreste de México.

**Palabras clave:** Matriz, Geoindicadores ambientales, Presa, Contaminación, Remediación.

## Abstract

In order to get the actual operative state of the Cerro Prieto dam, a matrix of geoindicators of environmental impact was performed. This was based on the application of the Matrix method, taking into account the social/economic, geologic/environmental, as well as the environmental flora/fauna impacts. The results are the basis for the creation of a model for identification of environmental geoindicators for freshwater storage reservoirs in northeastern México.

**Keywords:** Matrix, Environmental geoindicators, Reservoir, Pollution, Remediation.

## Referencias

1. Martínez-Salcedo, F. (1995). Guías metodoló-

- gicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Serie monográfica de grandes presas. España. Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de obras públicas, transporte y medio ambiente; (2):199.
2. De León-Gómez, H. (1993). Die Unterläufigkeit der Talsperre José López Portillo/Cerro Prieto auf einer Kalkstein-Mergelstein-Wechselfolge bei Linares, Nuevo León/México. Mitt. Ing. u. Hydrogeol, Aachen; 53: 181 pp., 57 fig., 13 tabs, 8 anexos.
  3. De León-Gómez, H., Schetelig, K., Werner, J., Azzam, R., Masuch, D., Medina-Barrera, F., Rangel-Rodríguez, M.M., Navarro-De León, I., & Salinas-Ramírez, J.O. (1998). Proyecto límites del abastecimiento de agua potable en el noreste de México. Objetivos y metas. (SIREYES/95/053). (Water supply limit in the northeast México, objective and scope), (SIREYES/95/053).- Zbl. Geol. Paläont., Stuttgart; Teil I, H 3-6: 511-518.
  4. De León-Gómez, H., Schetelig, K., & Meiburg, P. (1994). Abastecimiento de agua potable en el noreste de México. Ejemplo: presa Cerro Prieto. [Water supply in northeast México. Example: Cerro Prieto Reservoir.]- Zbl. Geol. Paläont., Stuttgart; Teil I (1/2): 593-601.
  5. Rodríguez de Barbarín C., Barbarín-Castillo J.M. (1993). Influencia de la geología regional, los ciclos estacionales y los asentamientos humanos en la caracterización de las aguas superficiales de la cuenca de Linares-Cerro Prieto, N. L., México. Geofísica Internacional, vol. 32, no. 2, pp. 221-235.
  6. Leopold, C.B., Clark, F.E., Hanshaw, B.B. & Basley, J.R. (1996). A procedure for evaluating environmental impact. Dept. of Interior/Washington, D.C./USA. US Geological Survey; 645 pp.
  7. Batelle Columbus, L. (1992). Environmental evaluation system for water resource planning. USA, Springfield; 589 pp.
  8. Rau, J.G., Wooten, D.C. (1980). Environmental impact analysis handbook. USA. Mc Graw-Hill; 478 pp.
  9. Westaman, W. E. (1985). Ecology impact assesment and environmental planning. USA, John Wiley & Sons, Neu York; 450 pp.
  10. Karim, R., Croley, L.L., Kenndey, J.F. (1988). A numerical model for computation of sedimentation in Lakes and Reservoirs. Water Resources Research Completion. Institute Iowa State University/Iowa; report 105: 185 pp.
  11. De Gaviña-González, M. (1981). Tratado del medio natural. España. Universidad Politécnica de Madrid; 350 pp.
  12. Usher, M.B. (1986). Wildlife conservation evaluation.- London, Chapman and Hall; 350 pp.
  13. Stanford, J. A. & Ward, J.V. (1989). The ecology of regulated stream. USA. Plenum press/Neu York.; 195 pp.
  14. Kobus, H., Barczewski, B., Koschitzky, H.P. (1996). Groundwater and subsurface remediation. Research strategies for In-situ technologies. Tokyo. Springer-Verlag; 338 pp.
  15. Nebel, B.J., Wright, R.T. (1996). Environmental Science. The way the world works. USA. 5. Ed. Prentice Hall, Neu Jersey; 698 pp.
  16. Murck, B.W. Skinner, B.J., Porter, S.C. (1996). Environmental Geology.- USA. John Wiley & Sons, Inc. Neu York; 543 pp.
  17. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. (1985). Standard methods for the examination of water and wastewater, USA; 1268 pp.

*Recepción: 4 de abril de 2005  
Aceptación: 5 de mayo de 2005*