
Comportamiento de la Contaminación por Plomo, Níquel y Vanadio en la Cuenca del Río Conchos

M.E.C. Quintana^{1*}, C.M. Sosa¹, A.H. Rubio¹, T.S. Puga¹, M.G. Quintana¹, M. Moreno¹ y J.J. Alcalá¹

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia, Periférico Francisco R. Almada Km 1, Teléfono (614) 4340303 Fax. 4340345.

Behavior from lead, niquel and vanadium contamination in Conchos River watershed

Abstract

A worldwide water deficit caused by increasing human population has generated a very high interest for this natural resource. To make a bad situation worse widespread contamination of water resources especially in the rivers has also become a serious concern for people on this planet. The Conchos watershed the most important in the State of Chihuahua because it is the sole source of water for more than 1,000,000 inhabitants living along its 560 km length. The objective of this study is to quantify the spatial and temporal contamination of Conchos River Water by the elements Lead, Nickel and Vanadium. Six sites were selected for bimonthly water sampling during 2004, from February to December. Two sites were selected in the upstream region of the watershed, 3 in the middle region and 1 about 1 kilometer before its confluence with the Rio Bravo. One liter of water was taken at each site, which was analyzed later for the metals (Lead Niquel and Vanadium) by the Inducted Coupled Plasma Spectrometer (ICP) technique. Multivariate statistical analysis showed that the highest levels of contamination occurred from the months of June to October. There are no differences between sites; however the most contaminated site was near Ojinaga City in the lowest region of the watershed. Increase levels of contaminants that sometimes are above recommended levels in Mexico are caused by the contaminant sources up river and by local human activities and the differences in time are related to rainfall with highest levels during the rainy season.

Keywords: Lead, niquel, vanadium, contamination, Conchos River

Resumen

Crece el interés por el recurso agua debido al déficit mundial y a la demanda ocasionada por el crecimiento poblacional, además es preocupante su generalizada contaminación particularmente en los ríos. La cuenca del río Conchos, la más importante en el estado de Chihuahua por ser la única fuente utilizada en las actividades de más de 1, 000,000 de habitantes que viven a lo largo de 560 kilómetros de riveras. El objetivo de este estudio es cuantificar la contaminación espacial y temporal por Plomo, Níquel y Vanadio de sus aguas. Seis sitios fueron seleccionados realizando muestreos bimensuales de agua durante el año 2004. Se inició en el mes de Febrero para terminar en Diciembre. Los puntos de muestreo se distribuyeron 2 en la parte alta de la cuenca, 3 a la parte media y 1 al final a 1 kilómetro antes de ingresar al río Bravo. Las muestras obtenidas fueron de 1 litro de agua en cada sitio, para su análisis por la técnica Espectrómetro de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP). Se aplicó un análisis estadístico por técnicas Multivariadas donde los resultados indican que los meses con mayor contaminación son en la época de lluvia (Junio-Octubre) y en

* Autor de correspondencia
E-mail: equintan@uach.mx

relación a los sitios el más contaminado fue Conchos Ojinaga en la parte más baja de la cuenca. Se concluye que las diferencias que existen en espacio se deben al acumulamiento de contaminantes aguas arriba y a las actividades antropogénicas de cada región y las diferencias en tiempo se relacionan con la temporada de lluvia que fue la más contaminada disminuyendo durante la época seca (Noviembre-Mayo).

Palabras Clave: Plomo, Níquel, Vanadio, Contaminación, Río Conchos

Introducción

En las últimas décadas ha crecido el interés por el recurso agua debido al déficit que presenta a nivel mundial y a la enorme demanda ocasionada por un elevado crecimiento poblacional, representa también una preocupación creciente el efecto contaminante que se ha provocado en este recurso. Los diversos grados de contaminación en los cuerpos de agua se deben a un crecimiento poblacional intensivo y dinámico y como consecuencia de los desechos que aporta la industria, la agricultura y los propios asentamientos humanos (Waldron, 1980). Los contaminantes más comunes son los pesticidas, algunos químicos de uso común, sedimentos, organismos infecciosos, contaminación térmica y los metales pesados (Hart, 2002). El estado de Chihuahua no ha escapado a este fenómeno de crecimiento poblacional, con una marcada tendencia al desarrollo industrial, agropecuario y explotación forestal, que aunado a una escasez del recurso agua producto de prolongados periodos de sequía, a altas tasas de evaporación, transpiración y contaminación, así como al abuso inmoderado del recurso forestal. La cuenca del río Conchos representa la principal fuente hidrológica del estado de Chihuahua, donde aproximadamente un millón de habitantes se encuentran asentados a lo largo de sus 560 kilómetros de cauce y desafortunadamente estudios preliminares muestran fuertes problemas por contaminación (Rubio et al., 2002) por lo cual el objetivo del estudio es determinar la contaminación espacial y temporal por los metales Plomo, Níquel y Vanadio a la cual ha estado sujeto este importante cuerpo de agua.

Material y métodos

Ubicación del área de estudio

Chihuahua está comprendida en las regiones hidrológicas (RH): 7-Río Colorado, 9- Sonora Sur, 24- Río Bravo-Conchos, 34-Cuencas Cerradas del Norte y 35- Mapimí con superficie total de 247,087 km². (INEGI, 2003). El estudio se llevó a cabo en la Región Hidrológica 24 a lo largo del Río Conchos cuya cuenca corre de Oeste a Este del Estado de Chihuahua, iniciando en el municipio de Bocoyna en la sierra Madre Occidental y desemboca en el Río Bravo a la altura de ciudad Ojinaga, con una distancia aproximada de 560 kilómetros de riveras.

Hidrología superficial

La región Hidrológica RH-24 Río Bravo-Conchos ocupa el 31.55% del territorio estatal permitiendo el drenaje de aproximadamente a 77,000 km², está a su vez esta formada por 6 subcuencas que contribuyen con diferentes porcentajes, la Cuenca (L) que comprende Río Conchos-Presa La Boquilla con un 8.91%, la Cuenca (K) Río Conchos-Presa El Granero 5.66%, la Cuenca (N) del Río San Pedro 5.35%, la Cuenca (M) del Río Florido 4.8%, la cuenca (O) Ríos Chuvistar-Sacramento 3.2% y la Cuenca (J) Río Conchos-Ojinaga 3.63%, se localizan en la Mesa del Norte en el estado de Chihuahua y en una pequeña porción de Durango y Coahuila. Es la región hidrológica de mayor relevancia en la entidad y en ella queda incluida la corriente superficial más importante en el estado. Los primeros afluentes que dan origen a la cuenca del Río Conchos, se originan en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental dentro del estado de Chihuahua con altitudes que alcanzan los 3300 metros sobre nivel del mar (msnm) (INEGI, 2003). El drenaje es poco definido y en algunas porciones dendrítico y en otras subparalelo, está conformado por corrientes que tienden a desembocar en el Río Bravo que es la región mas baja con 780 (msnm) y éste a su vez en el Golfo de México (Gómez, 1999).

Clima

Este según INEGI (1999) es extremo con régimen de lluvias en verano, inviernos fríos y primaveras secas, el promedio de precipitación oscila entre 750 mm en la región más alta de la cuenca, donde la vegetación que predomina es bosque de pino/encino, hasta 200 mm en la parte más baja con la vegetación de matorral típica del desierto Chihuahuense.

Muestreo

Las muestras de agua se colectaron en seis diferentes puntos, el primero (1) se localiza en la región del Río Conchos, a 2.5 km del poblado de Valle de Zaragoza, a una latitud de 27° 28' 15.5", longitud de 105° 42' 25.4", y elevación de el puente San Pedro a 5 km del poblado de Satevó, a una latitud de 27° 57' 13.2", longitud de 106° 06' 35.9", y elevación de 1375 msnm ambos puntos corresponden a la parte alta de la cuenca; El tercero (3) en el Río Florido en el km 2 de la carretera libre a ciudad Jiménez en latitud 27° 40' 36.6", longitud de 105° 08' 37.4" y una elevación de 1225 msnm; El cuarto (4) en el Río Parral en las pilas ciudad Camargo rumbo al hotel Ojo Caliente en latitud 27° 40' 03.4", longitud de 105° 12' 33.8", y una elevación de 1228 msnm; El quinto (5) en Ciudad Aldama Río Chuvistar, a la altura donde inicia el libramiento rumbo a la ciudad de Ojinaga, encontrándose a una latitud de 28° 49' 23.7", longitud de 105° 54' 57.0" y elevación de 1279 msnm, estos tres puntos corresponden a la parte media de la cuenca ; y finalmente el sexto (6) en el Río Conchos, puente Las Vegas cerca de la ciudad de Ojinaga a 1 kilómetro antes de ingresar al Río Bravo con una latitud de 29° 34' 02.1", longitud de 104° 26' 46.1", y elevación de 780 msnm y que corresponde a la parte baja de la cuenca (fig. 1).

Metodología

El muestreo de agua se realizó cada dos meses en el periodo comprendido de febrero a diciembre del 2004. El volumen de la muestra fue de 1 l en cada sitio, la cual fue conservada en recipientes de polipropileno debidamente lavados con una solución detergente no iónica libre de metales, enjuagados en agua destilada para posteriormente sumergirse en una solución con ácido nítrico (1/50)

por un periodo de 24 horas y después vueltos a enjuagar con agua destilada tal como lo indica la NOM-001-SEMARNAT-1996. Una vez obtenida la muestra se almacenó en hielo hasta alcanzar una temperatura de 4°C, manteniéndola constante y trasladándolas en forma inmediata al laboratorio para someterse al proceso de digestión como lo indica la norma Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2001. Que consiste en agregar ácido nítrico concentrado a una porción representativa de la muestra sin filtrar hasta digestión completa, la cual se manifiesta por la presencia de un residuo de color claro, se filtra y se lleva a un volumen de muestra semejante al tomado originalmente, se almacenan en refrigeración para su siguiente análisis que fue en el Laboratorio del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) en el Campo experimental *La Campana.*

En este laboratorio se determinó la concentración de metales en un Espectrómetro de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) 2100 marca Perkin Elmer. Para la determinación de los metales se prepararon estándares de concentración conocida (1mg l^{-1}) de cada metal y se ajustaron los parámetros de longitud de onda, posición del plasma, flujo de gases y sensibilidad para cada uno de los elementos analizados.

Una vez calibrado para cada estándar se ajustó (cero emisión) utilizando el blanco reactivo o matriz equivalente que en este caso fue agua tridestilada con ácido nítrico en la misma concentración utilizada para digerir la muestra, que no tiene ningún analito o sustancia que altere el análisis. Después de realizada la calibración se procedió a la lectura de las muestras por aspiración directa. Todo lo anterior siguiendo el protocolo de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-051-SCFI-2001 para los metales y las normas oficiales mexicanas NOM-014-SSA-1-1993, NMX-AA-14-1980 y NOM-117-SSA1-1994.

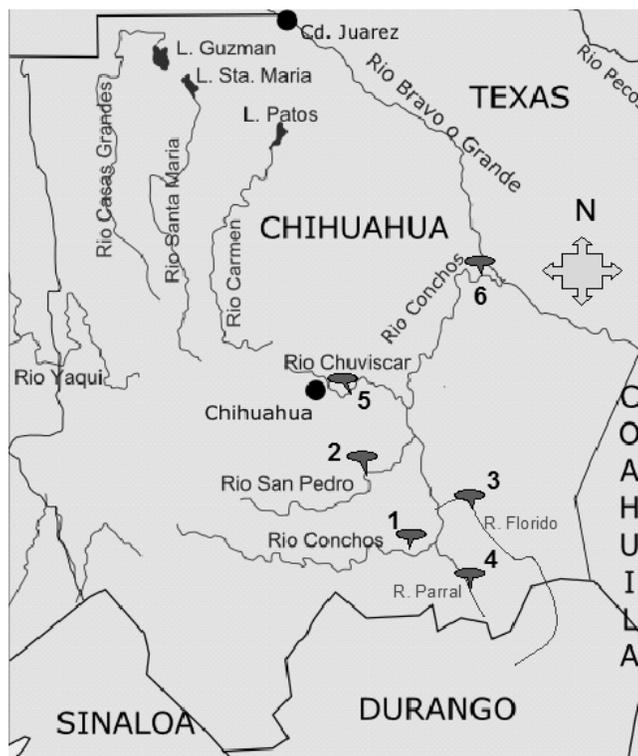


Figura 1. Localización del Área de Estudio y Sitios del muestreo.

Análisis estadístico

La prueba estadística utilizada fueron técnicas Multivariadas por Componentes Principales del paquete estadístico SAS. Este paquete permite en función de la máxima variación caracterizar e identificar datos del muestreo con mayor similitud además de separarlos de acuerdo al grado de contaminación en cada sitio y época (SAS, 1999).

Resultados y discusión

El análisis multivariado por componentes principales muestra que existe una influencia muy fuerte entre los metales estudiados y el mes del año en que se realizó el muestreo con un nivel de significancia de .0001, donde el Componente principal 1 explica el 98.82% de la variación total como se muestra en el Tabla 1. Esto se debe a que las máximas concentraciones de los contaminantes se dieron durante la temporada de lluvias (junio,

agosto y octubre) y por lo tanto de más erosión hídrica provocada por los escurrimientos superficiales, mientras que durante la temporada de sequía (diciembre, febrero y abril) las concentraciones de contaminación disminuyen.

La fig. 2 muestra también que los meses con mayor contaminación corresponden a los muestreos realizados durante Junio (3) y Agosto (4), los cuales corresponden al inicio y mitad de la época lluviosa, por lo cual los agrupa en la parte derecha de la figura, mientras los demás muestreos con excepción del realizado en Octubre (5) final de la época húmeda corresponden a la temporada seca y los agrupa en el tiempo menos contaminado en la parte media e izquierda de la figura lo cual coincide con lo mencionado por Goulet et al. (2001). En relación a la fuerte influencia que tiene los escurrimientos superficiales sobre el deslave de contaminantes presentes en los suelos. Para el análisis entre los diferentes sitios del muestreo, los

componentes principales 1 y 2 explican el 98.7 % de la variación Tabla 2. Aunque se observa gran similitud entre los sitios en términos de contaminación por los metales analizados y el análisis estadístico muestra que no existen diferencias entre los sitios de muestreo (probabilidad de F 0.621), sin embargo la Fig. 3 muestra como el sitio 6 correspondiente a la parte más baja de la cuenca en el Río Conchos a la altura

de Ciudad Ojinaga es el más contaminado. Esto quizá como resultado en general de todas las actividades realizadas en la cuenca y en particular a las costumbres clásicas de las ciudades fronterizas de tomar como bodega de todo tipo de materiales y en espacial de chatarra automotriz los causas naturales de drenaje (Reynolds, 2002). También los sitios con menos contaminación son aparentemente los correspondientes a la parte media de la cuenca

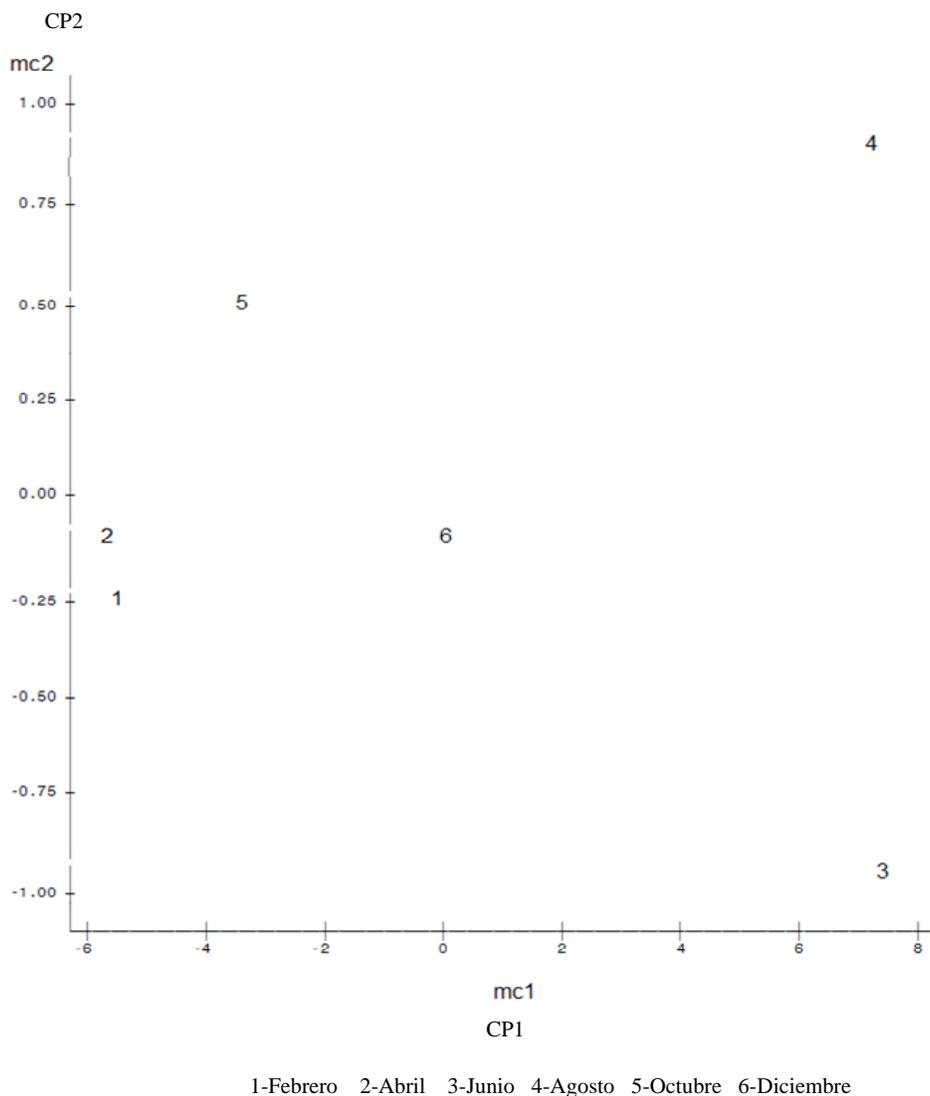


Figura 2. Clasificación de los 6 meses por componentes principales donde de izquierda a derecha incrementa la contaminación.

3, 4 y 5 localizados aguas debajo de las principales presas de la región como lo son La boquilla y Las vírgenes esto quizá corresponda a lo citado por Garbarino et al. (1995) quienes indican que los reservorios de agua, funcionan como filtros sobre todo para aquellos contaminantes que precipitan al momento en que el agua disminuye la velocidad dentro de un río mientras los sitios con mayor turbulencia aparecen como aquellos con mayor presencia de contaminantes.

Esto es lo que sucede con los sitios de muestreo localizados en la parte alta de la cuenca (1, 2) los cuales se agruparon en la parte media y derecha de la grafica de resultados en el análisis por componentes principales. En relación a los límites sugeridos por las normas oficiales para la concentración de los metales estudiados en aguas para protección de la fauna acuática y los resultados encontrados en los sitios y en las diferentes épocas analizadas, considerando la época húmeda (H) a los meses de verano o estación lluviosa de Junio a octubre y la época seca (S) los meses de Noviembre a Mayo, se muestran en el Tabla 3. Donde se puede observar que independientemente del sitio del muestreo, durante la época húmeda (H) que coincide con la temporada de máximos escurrimientos y por lo

tanto mayor erosión y deslave de suelos. Los límites máximos permitidos propuestos por las Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEMARNAT-1996) de 0.2 mg l⁻¹ para Níquel y Plomo y los Criterios Ecológicos de la Agencia para la protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de Norte América de 0.01, 0.1 y 0.01 mg l⁻¹ de Níquel, Vanadio y Plomo, respectivamente, (EPA, 2006) se observan rebasados ampliamente con concentraciones de Níquel que oscilan entre 0.24 en el sitio 4 hasta 1.06 mg l⁻¹ en el sitio 6, para Vanadio la concentración oscila entre 0.32 en el sitio 5 hasta 0.42 mg l⁻¹ en el sitio 6 y para plomo varía de 0.04 en el sitio 4 hasta 0.94 mg l⁻¹ en el sitio 5 resultando este último el único sitio que rebasa los límites permitidos por las normas oficiales mexicanas, mientras para las normas y criterios de la Agencia de Protección al Ambiente en los Estados Unidos de Norteamérica los límites son ampliamente rebasados. También se observa que los criterios de esta última institución que son mas estrictos en relación a los metales Níquel y Plomo, los límites se observan rebasados incluso en la época seca, con excepción del sitio 3 fecha donde el plomo no fue detectado, todo lo anterior coincide

Tabla 1. Resultado de las correlaciones canónicas en el análisis estadístico para el efecto de mes de muestreo

Componente	Proporción	Acumulado Principal	Probabilidad de F
1	0.9882	0.9882	<.0001
2	0.0113	0.9995	0.1950
3	0.0005	1.0000	0.9009

Tabla 2. Resultado de las correlaciones canónicas en el análisis estadístico para efecto de sitio de muestreo.

Componente	Proporción	Acumulado Principal	Probabilidad de F
1	0.6153	0.6153	0.621
2	0.3719	0.9873	0.7498
3	0.0127	1.0000	0.9805

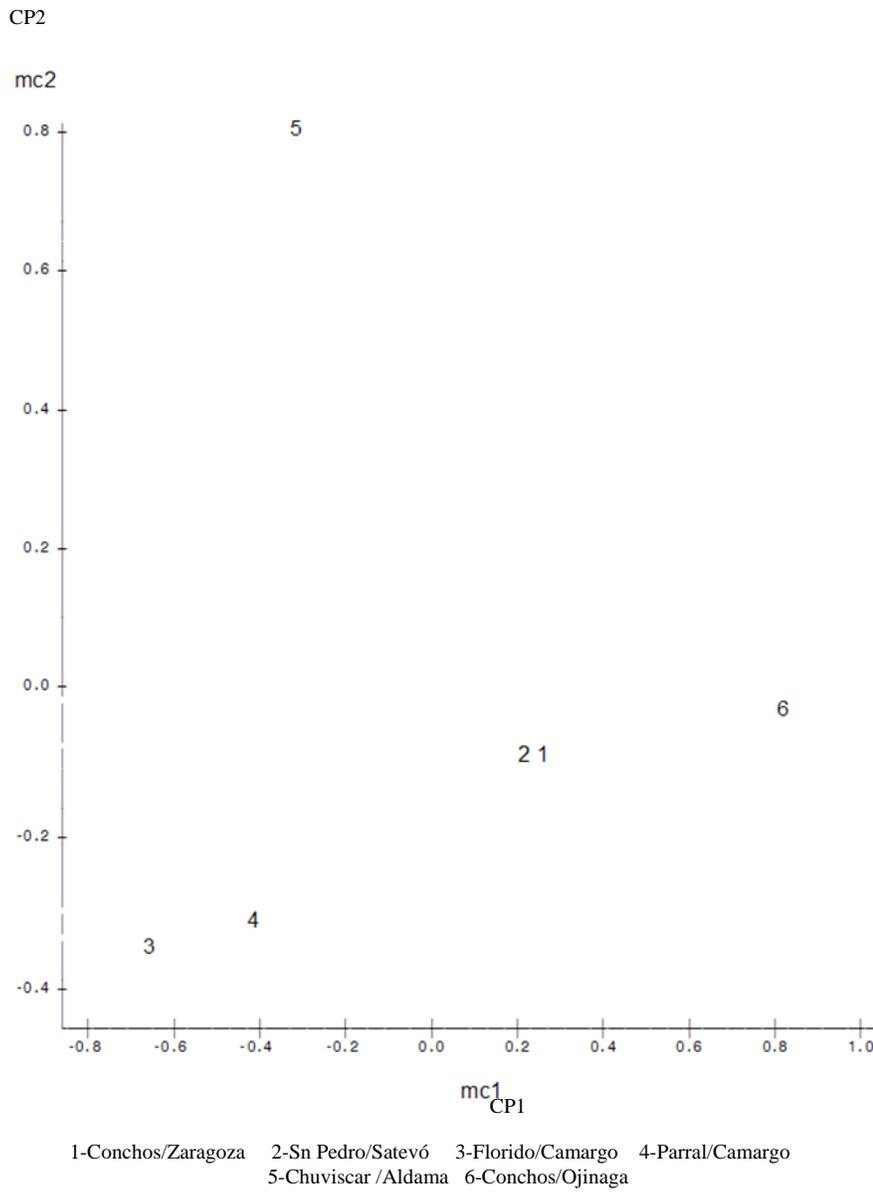


Figura 3. Clasificación de los 6 sitios de muestreo por componentes principales donde de izquierda a derecha incrementa la contaminación.

Tabla 3.- Criterios utilizados en la caracterización del agua de la cuenca del Río Conchos.

Parámetro	L	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3		SITIO 4		SITIO 5		SITIO 6	
Época		S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
Níquel (mg/l)	2* .01**	.0	.7	.1	.57	.04	.1	.1	.2	.1	.2	.11	1.06
Vanadio (mg/l)	.1*	.0	.3	.0	.32	.02	.3	.0	.3	.0	.3	.07	.42
Plomo (mg/l)	.2* .01**	.0	.0	.0	.06	ND	.0	.0	.0	.0	.9	.04	.05

L= Límite

S=Época Seca

H= Época húmeda

*NOM-001-ECOL-1996 ND = No Detectado

** Criterios Ecológicos de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA, 2006)

con el reporte de Rubio et al. (2002) que reporta en un estudio realizado en la parte media del Río Conchos fuertes indicios de contaminación por metales pesados.

Conclusiones

La contaminación por plomo se encuentra generalizada en la cuenca del Río Conchos debido a la amplia utilización de este metal en la elaboración de soldaduras, pinturas, acumuladores e incluso se usó durante décadas como antidetonante en la elaboración de combustibles. La contaminación por níquel y vanadio se da principalmente en la época de lluvia e incluso independientemente del sitio de muestreo debido a que estos metales se encuentran diseminados en toda la cuenca dada su amplia utilización en la fabricación de acero inoxidable para elaborar herramientas caseras, refacciones automotrices y agrícolas. Aun y cuando todos los sitios presentan algún problema por la presencia de estos contaminantes, es el sitio 6 (Río Conchos en Ojinaga) el que presenta la mayor problemática. Los límites máximos permitidos por agencias nacionales se ven rebasados solo en algunos sitios y época del año, mientras que los límites de la EPA

debido a que el rango permitido es más estrecho se observan rebasados en la mayoría de los sitios y a través de todo el año.

Bibliografía

- Clean Water Act. 2006. Acta de aguas limpias, criterios aplicados en aguas publicas. Environmental Protection Agency.
- EPA, 2006. Environmental Protection Agency, USA. *Water Quality Standards (WQS)*.
- Garbarino, J. R., Hayes, H. C., Roth, D. A., Antweiler, R. C., Brinton, T. I. and Taylor, H.E., 1995. Heavy Metals in the Mississippi River, in R. H. Meade (ed.), Contaminants in the Mississippi River, 1987-1992, U.S. Geological Survey, Denver, CO, Circular 133, pp. 53-72.
- Gómez, D.F.J. 1999. Estudio Hidrogeoquímico de la porción Centro-Oriental del Acuífero del Valle de Cuahutémoc, Chihuahua. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. Méx.
- Goulet, R.R., Leclair, E. N. and Pick, F.R. 2001. The evaluation of metal retention by a constructed wetland using the pulmonate gastropod *Helisoma trivolvis* (Say), Arch. Environ. Contam. Toxicol. 40, 303-310.
- Hart. J.B.A., 2002. "Water Pollution", Microsoft, Encarta, Online Encyclopedia 2002. Microsoft Corporation.
- INEGI. 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. 1a.ed. Editorial INEGI. México.
- INEGI. 1999. Estudio Hidrológico del Estado de Chihuahua. 1a.ed. Editorial INEGI. México.
- MXM, 2001. Norma Mexicana NMX-AA-051-SCFI. Análisis de

- Agua- Extracción de metales totales. Método de prueba.
NMX. 1980. Norma Mexicana NMX-AA-14. Formas de Muestreo en cuerpos receptores de agua.
- NOM. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Análisis de agua- Límites máximos permitidos de contaminantes en aguas y bienes nacionales.
- NOM, 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-014- SSA-1. Procedimiento sanitario para muestreo de agua en abastecimientos públicos y privados.
- NOM. 1994. Norma oficial Mexicana NOM-117- SSA-1. Determinación de metales pesados en alimentos y agua por espectrometría de absorción atómica. Método de prueba.
- Reynolds, A. K. 2002. Calidad del agua a lo largo de la frontera México-Estados Unidos. Agua Latinoamericana. Noviembre-Diciembre. USA.
- Rubio, A.H., Félix, V.O., Alanis, H., y Flores, M.J. 2002. Influencia del manejo de los recursos en la contaminación del Río Conchos y funcionalidad de sus áreas ribereñas; Conocimiento indispensable para la salud humana y la sustentabilidad ambiental. Informe Técnico 2002. Comisión nacional Forestal.
- SAS. 1999. Statistical Analysis System Institute Inc. North Carolina, USA.
- Waldron, H. A. 1980. Metals in the environment. London, Academia Press. O. 149.