

Metales pesados en los lixiviados provenientes del basurero no controlado de la Ciudad de Veracruz

Susunaga-Miranda Manuel Alberto¹ y Estévez Garrido Bertha María²

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica¹, Centro de Investigación Atmosférica y Ecológica²
Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Veracruz¹, Universidad Popular Autónoma de Veracruz²
Veracruz, Ver.¹, Banderilla, Ver.²; México
msusunaga@itver.edu.mx,

Abstract— The uncontrolled landfill in the city of Veracruz, which began operations in 2002, was originally built as a sanitary landfill with a useful life of 10 years, and by 2018 which has collapsed, leaking directly to a canal that takes them north to the Rio Grande and which flows into the sea in the bay of Vergara, where the Parque Nacional Arrecifal Veracruzano is located. The objective of this investigation was to determine the concentration of Ni, Cu, Zn, Cr⁶⁺ in the polluted leachates. Absorbance photometry was used for the analysis of the samples. Concentrations obtained for Ni, Cu, Zn, Cr⁶⁺ were 0.087, 0.250, 0.200 and 0.250 mg / l, respectively.

Keyword— *Heavy metals, leachates, dump*

Resumen— El basurero no controlado de la ciudad de Veracruz, inicia sus operaciones en el año de 2002, originalmente se construyó como un relleno sanitario con una vida útil de 10 años, el cual para 2018 se encontraba completamente colapsado emanando lixiviados directamente a un canal que los lleva al norte hacia el río Grande y que desemboca hacia el mar en la bahía de Vergara donde se encuentra el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. El objetivo de esta investigación fue determinar la concentración de Ni, Cu, Zn, Cr⁶⁺ en los lixiviados contaminantes. Se utilizó fotometría de absorbancia para el análisis de las muestras. Las Concentraciones obtenidas para de Ni, Cu, Zn, Cr⁶⁺ fueron 0.087, 0.250, 0.200 y 0.250 mg/l, respectivamente

Palabras claves— *Metales Pesados, Lixiviados, Basurero.*

I. INTRODUCCIÓN

Los sitios de disposición final de residuos sólidos que no fueron planeados, o que no cumplen técnicamente con las características de diseño se conocen comúnmente como tiraderos "a cielo abierto". Estos sitios básicamente, son terrenos en donde se depositan y acumulan los residuos sólidos municipales sin ningún control técnico sanitario y operativo, así como la ausencia de obras de infraestructura para minimizar los impactos negativos al ambiente o bien aquellos que han rebasado la capacidad de disposición llegando a desbordar sus límites. En muchos casos estos sitios se localizan cerca de los asentamientos humanos; en la ribera de los ríos, arroyos, manglares y otros cuerpos de agua; a un lado de las carreteras, caminos vecinales y/o en terrenos con características inadecuadas, debido a que únicamente se considera la cercanía y la disponibilidad de espacio libre para el depósito de los residuos [12]

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), conocidos comúnmente como basura, están compuestos por residuos orgánicos (papel, cartón, madera y en general materiales biodegradables) e inorgánicos como, vidrio, plástico, y metales; estos provienen de las actividades que se desarrollan en el ámbito doméstico, sitios y servicios públicos, establecimientos comerciales y de servicios, cuya composición es muy heterogénea y depende de factores como el clima, el ingreso per-cápita y las costumbres sociales. Estos materiales al momento de llegar a los basureros se descomponen originando la producción de una mezcla de gases entre los que se encuentran el CO₂, CH₄, H₂S, (comúnmente llamados Biogases) y un líquido altamente tóxico denominado lixiviado [1]

Los lixiviados se pueden definir como el líquido que se percola a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos y en suspensión, en la mayoría de los basureros el lixiviado se forma por fuentes

externas (agua de lluvia, infiltración del nivel freático, etc.) aunque una parte se forma por la descomposición anaeróbica de los residuos [15] por lo que se puede considerar que existen tres grupos de contaminantes básicos en los lixiviados de los basureros, los cuales son: metales pesados, materia orgánica y compuestos organoclorados; cuyo comportamiento es diferente en su migración dentro del suelo

En México, la mejor solución para la disposición final de los residuos sólidos urbanos son los rellenos sanitarios. En 2013, a nivel nacional la disposición final en rellenos sanitarios y sitios controlados alcanzó poco más del 74.5% del volumen de RSU generado, el 21% se depositó en sitios no controlados y el 5% restante fue reciclado [13]

En los sitios de disposición final uno de los principales problemas es el control de los lixiviados, ya que esto implica mantener su flujo dentro de los mismos sitios y darles un tratamiento adecuado, sin embargo, en el 2010 en el 15 % de estos sitios escapan a diario y cuando esto ocurre ocasionan contaminación de fuentes de agua y suelos [2]

Los Metales pesados generan una gran cantidad de problemas ambientales y su presencia aún en nivel de trazas representan serios problemas para la salud y el entorno, el Cr^{6+} en los organismos se oxida a Cr^{3+} ocasionando mutaciones genéticas [9], en el caso del Níquel este produce modificaciones de genes, metabolismo celular y daño en el ADN [7], la exposición aguda por ingestión del sulfato de cobre puede producir necrosis hepática y muerte [10], la toxicidad por Zn incluyen clorosis y crecimiento reducido de las plantas; actúa inhibiendo la fijación de CO_2 [8]

El Basurero no controlado de la ciudad de Veracruz, inicia sus operaciones en el año de 2002 y originalmente se diseñó como un relleno sanitario con dos celdas para la disposición de Residuos Sólidos Urbanos, pero este tenía una vida útil de 10 años [14] y se ha continuado el depósito de dos mismos, lo que ha generado que colapse al grado de cubrir con desechos todas las instalaciones que en su momento fueron construidas para evitar la contaminación [11] (laguna de lixiviados, pozos de venteo, etc.), aunado a que el nivel freático es de 50 cm y que por su ubicación geográfica están próximos a la zona costera, aledaños a zonas de humedales y cuerpos de agua, estos escurren por sus lados hasta un canal que los lleva al norte hacia el Río medio [5] que descarga en el mar en la bahía de Vergara al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano [6]

En este documento se presentan las características del Basurero No controlado de la Ciudad de Veracruz, así como la concentración de metales pesados Cr^{6+} , Ni, Cu, Fe y Zn presentes en los lixiviados que ahí se generan y que llegan a través de un canal al Río Grande y de ahí al mar

II. MATERIAL Y MÉTODOS

A. Área de Estudio

El basurero no controlado de la ciudad de Veracruz, se localiza al norte del municipio, a 1.38 kilómetros de su entrada en el km. 240+200 de la autopista Veracruz-Cardel en la Colonia Chalchihuecan en la ex hacienda Santa Fe, El predio donde se localiza el basurero no controlado de la Ciudad de Veracruz pertenece a la Administración Portuaria Integral de Veracruz, es operado por el Ayuntamiento de Veracruz



Fig. 1. Basurero de la Cd. de Veracruz (Google Earth)

B. Punto de Muestreo

Se estableció un sitio de muestreo dentro del polígono del basurero no controlado de la ciudad de Veracruz, y el lugar donde se colectaron las muestras en un canal por el que escurren lixiviados desde el basurero y que se localiza en las siguientes coordenadas, las cuales fueron tomadas con un GPS Garmin Trex

19°14'05.66N 96°13'20.02



Fig. 2. Punto de Muestreo (Google Earth)

El muestreo se realizó durante un ciclo anual dividido en tres periodos: Nortes (noviembre 2017), Secas (mayo del 2018) y lluvias (agosto del 2018)

C. Recolección y Procesamiento de las Muestras

La recolección y preservación de las muestras se realizó de conformidad con la Norma Mexicana NMX-AA-003-1980, para el muestreo de aguas residuales. Las muestras colectadas fueron colocadas en envases de polietileno previamente lavados con HNO₃ al 10% y con abundante agua desionizada. Las muestras se transportaron al laboratorio de Fisicoquímica del Instituto Tecnológico de Veracruz (ITVer) a una temperatura de $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Se preservaron en el laboratorio a temperatura de congelación hasta su análisis.

Las muestras se filtraron por medio de carbón activado para eliminar los colores de interferencia de los lixiviados, las lecturas de los metales Ni, Cu, Zn, Cr⁶⁺ se realizó con un Fotómetro Hanna HI83300 que utiliza un modo de medición de absorbancia que permite la utilización de los estándares CAL Check para validar el rendimiento del sistema, este equipo permite seleccionar una de las cuatro longitudes de onda de la luz (420 nm, 525 nm, 575 nm y 610 nm) que mide y traza su propia curva de concentración contra absorbancia. Todas las muestras se leyeron por triplicado

III. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para el análisis los datos obtenidos se aplicaron pruebas de análisis de medias de Tukey y Fisher con un nivel de confianza del 95%, con el programa MINITAB.

IV. RESULTADOS.

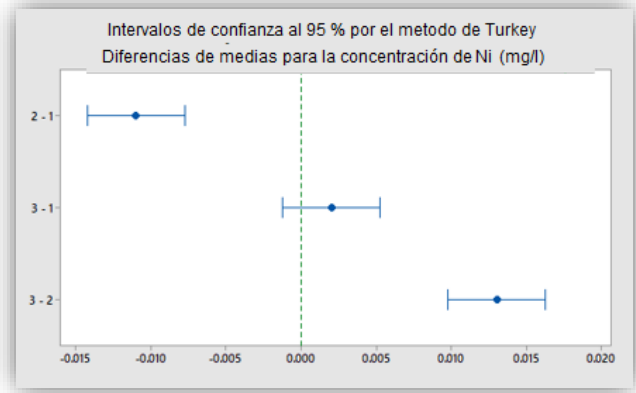
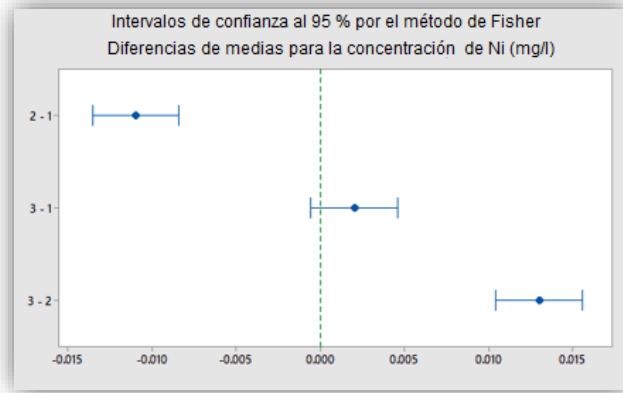
Los muestreos para los cuatro metales pesados correspondieron a los periodos climáticos de vientos (nortes), secas y lluvias, efectuados en noviembre del 2017, mayo del 2018 y agosto del 2018.

Tabla I. Resultados Obtenidos por cada muestra en las tres épocas del año (Concentración en mg/l)

Parámetro	Noviembre 2017 (mg/l)			Mayo 2018 (mg/l)			Agosto 2018 (mg/l)		
	Níquel	0.087	0.090	0.086	0.077	0.076	0.077	0.090	0.090
Cobre	0.250	0.250	0.260	0.230	0.230	0.230	0.230	0.250	0.230
Zinc	0.200	0.210	0.200	0.190	0.190	0.180	0.180	0.180	0.180
Cromo	0.250	0.250	0.260	0.230	0.240	0.240	0.210	0.210	0.220

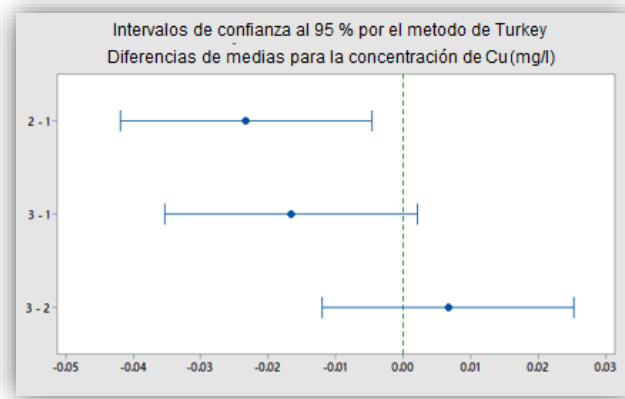
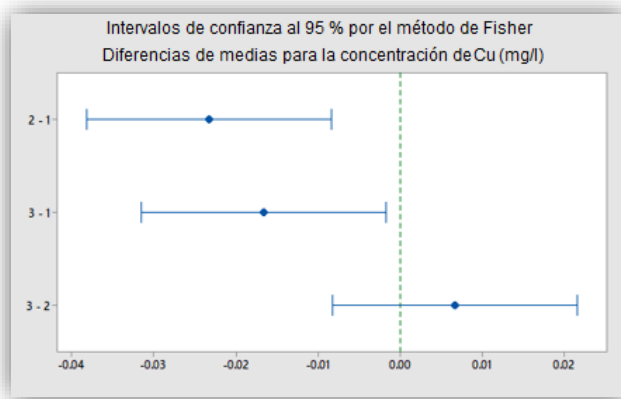
A. Níquel en los lixiviados del Basurero no controlado por época del año

La concentración de Níquel en las temporadas de nortes y lluvias es idéntica, pero entre las temporadas de nortes y secas y lluvias y secas son distintas.



B. Cobre en los lixiviados del Basurero no controlado por epoca del año

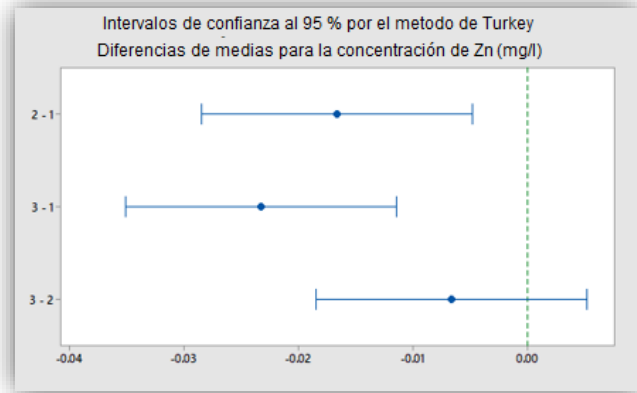
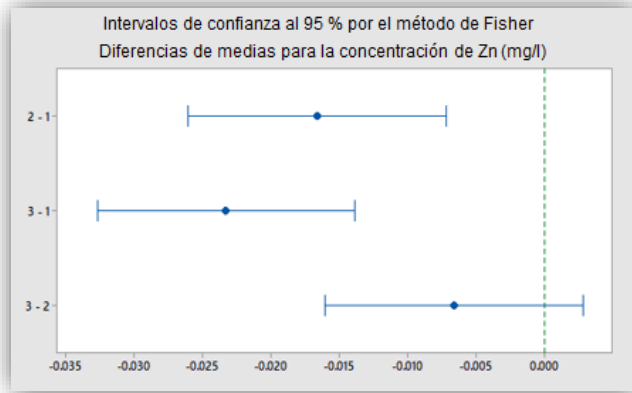
Para la temporada de nortes y lluvias la concentración de Cobre es idéntica entre sí, sin embargo, entre las temporadas de nortes y secas y lluvias y secas son distintas.



De acuerdo a Fisher la temporada 2 y 3 no presentan diferencia significativa, en cambio la temporada de nortes no es idéntica a la de secas y lluvias; en cambio por turkey la temporada de lluvias es idéntica a secas y nortes, mientras que en nortes y secas no presentan diferencia significativa.

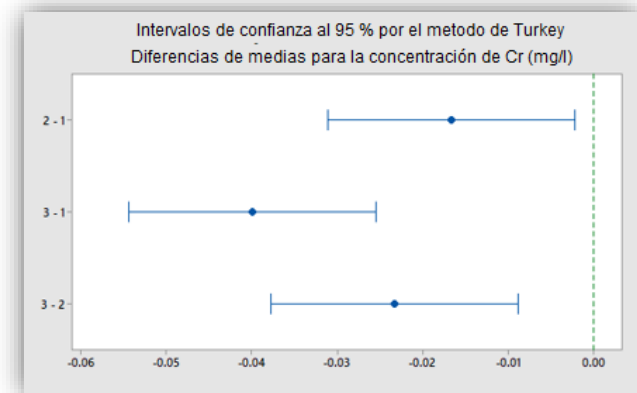
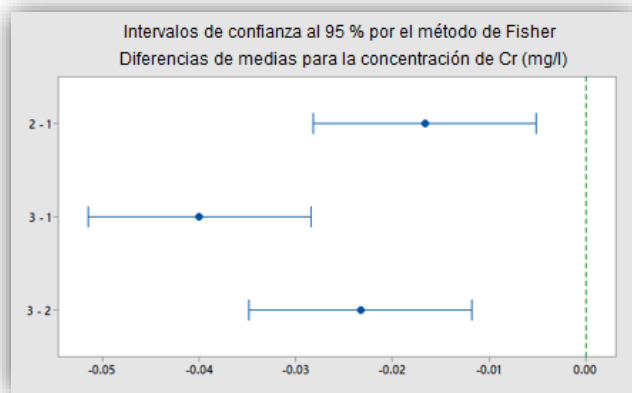
C. Zinc en los lixiviados del Basurero no controlado por epoca del año

La variación de la concentración de Zinc en las estaciones de secas y lluvias presentas la misma. Mientras que la temporada de nortes es distinta de las otras temporadas.



D. Cromo hexavalente en los lixiviados del Basurero no controlado por epoca del año

El análisis de medias para el cromo hexavalente muestra que la concentración en las tres temporadas del año es idéntica, por lo que el factor temporada impacta sobre la variable concentración



V. DISCUSIÓN.

La identificación de Metales pesados en los lixiviados del Basurero No controlado de la Ciudad de Veracruz, permite establecer una posible ruta de estos contaminantes hacia el mar, ya que el canal de Lixiviados descarga al Río Grande el cual desemboca en la Bahía de Vergara en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano el cual se encuentra en el Golfo de México y puede ser este aporte una importante fuente de contaminación e impacto ambiental [4]

Es sabido que el patrón corrientes marinas predominantes en la zona de Veracruz está asociado con la dirección del viento, esto es de nortes a suradas o de suradas a nortes, permitiendo que los metales entren al mar y se depositen en los sedimentos marinos. La biota marina bioacumula metales presentes en el agua de mar durante la degradación del material biogénico detrital, y pueden absorberlos o liberarlos directamente a los sedimentos [3]

Desde 2012 se ha detectado presencia de metales pesados en el sedimento del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, sobre todo de Cobre y Zinc, en donde el aporte de estos elementos se ha

determinado que es en parte por medio de las actividades antropogénicas [16] como es el Basurero no controlado de la ciudad de Veracruz, afectan a los corales de manera permanente y con esto su inclusión en la cadena trófica.

VI. CONCLUSIONES.

Si bien el contenido de metales pesados Ni, Cu, Zn, Cr^{6+} , no sobrepasa los límites máximos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, este estudio confirma su presencia en los lixiviados del basurero no controlado de la ciudad de Veracruz, esto significa que si bien el sitio de disposición final está colapsado tiene dos características que influyen en esta baja concentración, la primera es que de origen fue construido como relleno sanitario con geomembranas que impiden el paso de los lixiviados al subsuelo y por otro lado es un basurero maduro donde la generación de contaminantes tiende a disminuir con el paso del tiempo.

La presencia de metales pesados en el canal que colecta los lixiviados del basurero no controlado de la ciudad de Veracruz, eventualmente permitiría que estos llegaran por medio de la descarga del río Grande a la Bahía de Vergara por medio del flujo direccional inducido por la hidrodinámica del Golfo de México a los Sedimentos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano poniendo en peligro la vida de la biota acuática.

La presencia de Ni, Cu, Zn, Cr^{6+} , está directamente relacionada con el depósito de los Residuos Sólidos Urbanos del municipio de Veracruz, de estos el Cr^{6+} junto con el Cobre son los que se encuentran en mayor concentración, sin embargo, es el primero el que se aproxima más a los límites que establece la NOM-001-SEMARNAT-1996, lo que jerárquicamente representaría el más peligroso de los cuatro metales pesados.

Es importante el cierre definitivo de este sitio de disposición final, ya que las condiciones actuales del mismo permiten la migración de contaminantes como los metales pesados cuya presencia es importante en los lixiviados y que se deben tomar medidas una vez clausurado a fin de que estos ya no migren hacia el mar, quizá utilizando el sistema de Barreras Reactivas Permeables, con algún elemento poroso de la localidad

RECONOCIMIENTOS

El proyecto fue financiado por el Tecnológico Nacional de México

REFERENCIAS

- [1] Baird, C. (2004), Química Ambiental, Ed. Reverté, Madrid, España, 527-530
- [2] Bernaché G. (2012), Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. Un estudio de la región centro occidente de México, Rev. Int. Contam. Ambie. 28 Sup. (1) 97-105
- [3] Bonilla, S, J., Ramírez. C., Moya. J., y Márquez. A. 2003. Calidad de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo. Estado Sucre - Venezuela. Bol. Inst. Oceanog. de Venezuela Univ. de Oriente. 42 (1 y 2): 3 – 27
- [4] Botello, A, V., J, Redón von Osten., G, Gold-Boucht y C Agraz-Hernández. 2005. Golfo de México Contaminacion e impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. 2da edición. 76 p
- [5] Castellanos-Onorio O., Díaz-González M., Susunaga-Miranda M. (2017) Análisis de la estabilización de lixiviados de relleno sanitario de la Ciudad de Veracruz por el método de oxidación

- fenton, Tema 6 Tecnología y Medioambiente, Memorias del 3er. Congreso Internacional de la Red de Medio Ambiente del IPN (CIMA 2017), Querétaro, México
- [6] CONANP 2017, Programa de manejo de Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Primera edición diciembre 2017, tomado de <https://www.conanp.gob.mx/acciones/pdf/PMSistemaArrecifal.pdf> el día 15/10/2018
- [7] Denkhaus, E., Salnikow, K. 2002. Nickel: essentiality, toxicity, and carcinogenicity. *Critical Reviews in Oncology/Hematology* 42: 35–56
- [8] Haslett, B.S., R.J. Reid y Z. Rengel. 2001. Zinc mobility in wheat: uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. *Ann. Bot.* 87, 379-386.
- [9] Peralta-Videa, JR., Lopez, ML., Narayan, M., Saupe, G., Gardea-Torresdey, J. 2009. The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: implications for the food chain. *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology* 41: 1665– 1677
- [10] Ramakritinan, C.M, Chandurvelar R., Kumaragura A.D., . Acute toxicity of metals: Cu, Pb, Cd, Hg and Zn on marine mollusks. *Cerithediacingulata G, and Modiolus philippinarum H. Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 2(1), 2012, p. 141-145.
- [11] Reyes C (2017) Subdirectora de Limpia Pública del Ayuntamiento de Veracruz periodo 2014-2017 Comunicación personal
- [12] SEDESOL (2001), Manual Técnico – Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal, Secretaría de Desarrollo Social, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, México D,F Capítulo 2: 33-39
- [13] SEMARNAT 2015 El Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, en su edición 2015, tomado de <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/index.html>
- [14] Susunaga M (2018) Jefe de Ecología del Ayuntamiento de Boca del Río, Ver en el periodo 2001-2004 Entrevista personal
- [15] Tchobanoglous G., Theisen H, Vigil S. (2004), *Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues*, Ed. McGraw Hill, USA. 469-502
- [16] Zamudio-Alemán R., Castañeda-Chavez M., Lango-Reynoso F., Galaviz-Villa I., Amaro-Espejo A., Romero-González L., (2014) Metales pesados en sedimento marino del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1. 1-10.