

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## **EFFECTO DE BORDE; RUIDO, MATERIA ORGÁNICA EN SUELO Y CONTAMINANTES PERSISTENTES EN LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE CALAKMUL-BALAMKÚ, CAMPECHE**

\*Leonel E. Amábilis-Sosa<sup>1</sup>  
Jorge A. Benítez<sup>2</sup>

*ROAD EDGE EFFECT; NOISE, ORGANIC MATTER IN SOILS  
AND PERSISTENT POLLUTANTS IN NATURAL  
PROTECTED AREAS IN CALAKMUL-BALAMK, CAMPECHE*

*Recibido el 2 de septiembre de 2013; Aceptado el 26 de junio de 2014*

### **Abstract**

In this paper, the road edge effect caused by vehicular traffic of the road located in the Natural Protected Area Balamkú-Calakmul in the state of Campeche is studied. The indicators organic matter, heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and noise were quantified at different perpendicular distances to the Bat Cave, as key geographical site. The mass flow of lead emissions is 2.08 ton year<sup>-1</sup>, 1.54 Ton yr<sup>-1</sup> of zinc and 1.63 Ton year<sup>-1</sup> of polycyclic aromatic hydrocarbons. Even though these concentrations might be the result of atmospheric dilution these substances have persistent and highly toxic properties. Monitoring results of indicators, note evidence of the road edge effect, since the values of organic matter, heavy metals and polycyclic hydrocarbons exhibit a downward pattern with increasing distance. Likewise, the disturbing level of traffic noise can reach 0.5 to 1 km in radial area, with concentrations of 40 dB and a background noise of 20 dB.

**Key Words:** impact on natural protected area, organic matter in soils, road edge effect.

<sup>1</sup> Posgrado en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup> Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche

\*Autor correspondiente: Universidad Nacional Autónoma de México. Paseo de la investigación científica s/n, Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán. 04350. México D.F. Email: [leomabilis@yahoo.com.mx](mailto:leomabilis@yahoo.com.mx)

## Resumen

En el presente trabajo se estudia el efecto de borde ocasionado por el tránsito vehicular de la carretera ubicada en el Área Natural Protegida Calakmul-Balamkú, dentro del estado de Campeche. Los indicadores materia orgánica, metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y ruido fueron cuantificados a diferentes distancias perpendiculares de la Cueva de los Murciélagos, como zona geográfica clave. El flujo de emisiones de plomo es de  $2.08 \text{ Ton año}^{-1}$ , el de zinc de  $1.54 \text{ Ton año}^{-1}$  y de  $1.63 \text{ Ton año}^{-1}$  para los hidrocarburos aromáticos policíclicos, que a pesar de la posible dilución atmosférica son sustancias persistentes y altamente tóxicas. Los resultados del seguimiento de indicadores, señalan la evidencia del efecto de borde, ya que los valores de materia orgánica, metales pesados e hidrocarburos exhiben un patrón descendente conforme se incrementa la distancia. Así mismo, se registraron niveles de intensidad de ruido ocasionado por el tráfico de 40 dB, con ruido de fondo de 20 dB, en un área radial de 0.5 a 1 km.

**Palabras clave:** efecto de borde, impacto sobre área natural protegida, material orgánica en suelos.

---

## Introducción

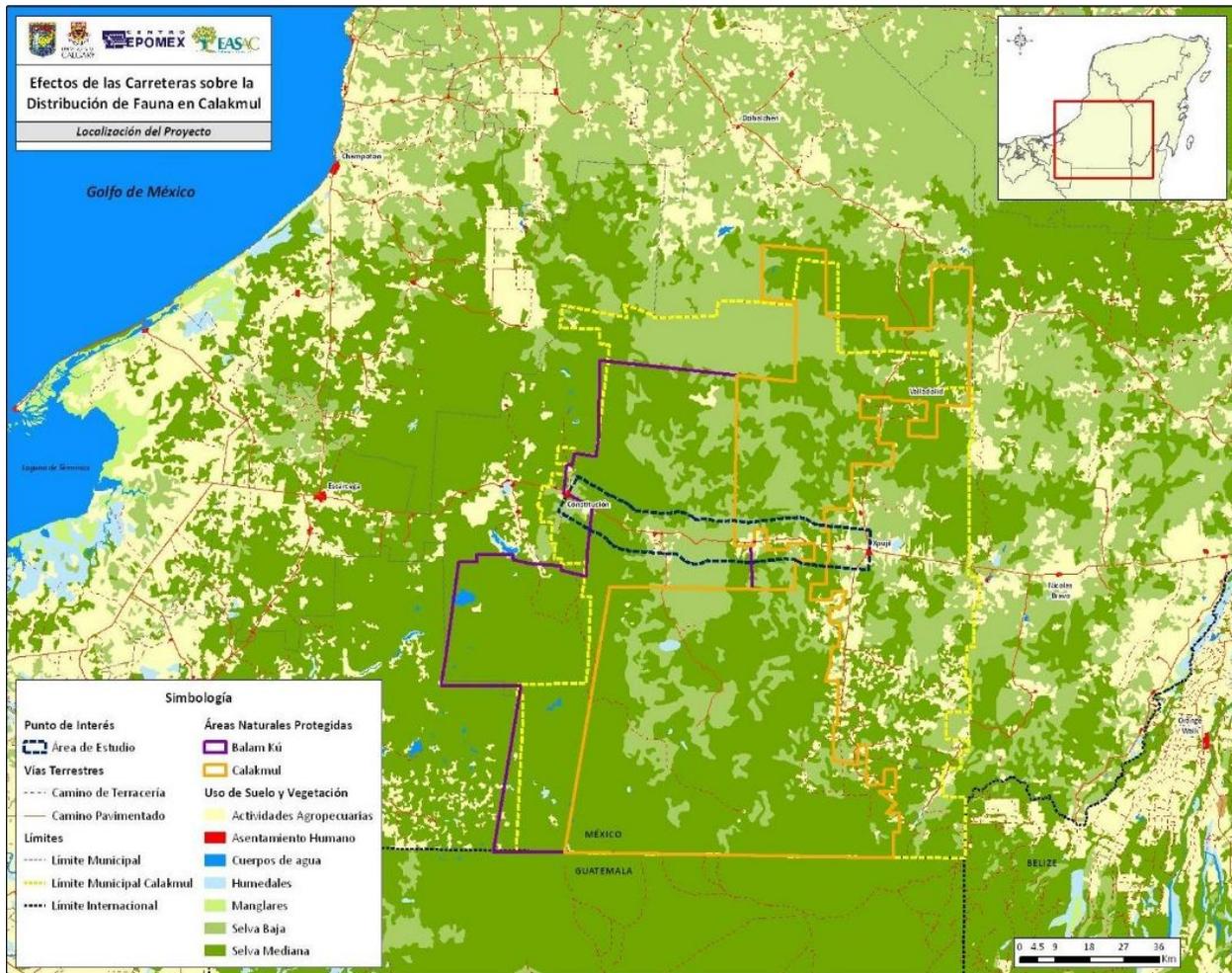
La construcción, mantenimiento y uso de las carreteras son una fuente de gases, lubricantes, aceites, grasas, combustibles y desechos orgánicos. Esta contaminación introduce al ambiente óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), y metales pesados (Pb, Zn, Cu, Cr, Cd y Al), entre otros contaminantes (Viard *et al.* 2004, Kociolek *et al.*, 2011). Aunado al efecto de los contaminantes, Schaub *et al.* (2008) mencionan que el tráfico vehicular y el ruido urbano pueden encubrir señales acústicas importantes, por lo que las investigaciones sobre los efectos del ruido en la fauna silvestre se han enfocado en la comunicación acústica. Así, se ha encontrado que algunos anfibios, aves y mamíferos han variado la frecuencia, intensidad y estructura de sus fonaciones acomodándose al medio (Ellinger y Hödl, 2003; Rheindt, 2003). A pesar de lo adverso que pueden llegar a ser los efectos mencionados, en los últimos años, en el estado de Campeche se han realizado obras viales en sitios geográficos con riqueza faunística y florística aledaña. Con lo expuesto, el objetivo de la presente contribución radica en estudiar el efecto de borde ocasionado por la ampliación de la carretera ubicada en el Área Natural Protegida (ANP) de Calakmul-Balamkú.

## Metodología

### Área de estudio

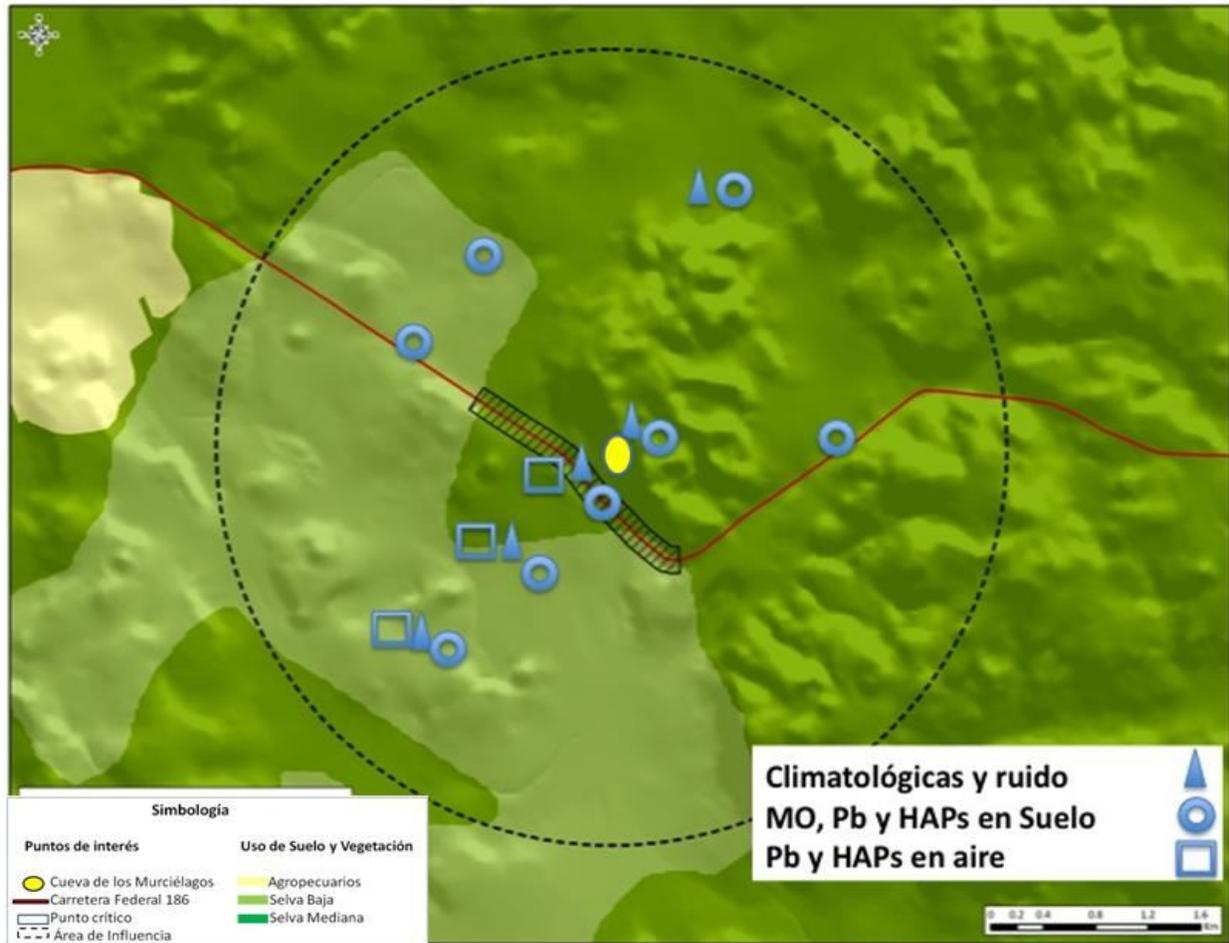
El proyecto se ubica en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Balam-Kú de carácter estatal, la cual colinda al Sur con la Reserva de la Biósfera Calakmul de carácter federal, específicamente en el complejo de Zonas Sujetas a Conservación Ecológica conformado por Balam-kú, de carácter estatal y Calakmul de carácter federal. Este complejo colinda al sur con Guatemala, al este con el estado de Quintana Roo, al norte con el municipio de Hopelchén y al oeste con el

municipio de Candelaria, ambos municipios pertenecientes al estado de Campeche. La principal vía de acceso es a través de la Carretera Federal 186, en el tramo Constitución–Xpujil de aproximadamente 80 km de largo, tal y como se señala en la Figura 1.



**Figura 1.** Ubicación del presente proyecto donde se observan los límites geográficos de las Áreas Naturales Protegidas involucradas en la carretera Federal 180

Las evaluaciones de las fuentes de contaminación y las mediciones de contaminantes y ruido se centraron en las inmediaciones de la cueva de los murciélagos, localizada en a 300 m de la mencionada carretera federal. Con base en estudios previos realizados por Brichieri-Colombi (2012) se sabe que existe un área de influencia que se extiende 3 km alrededor de la cueva de los murciélagos y donde pueden ser significativos los efectos de barrera y los de borde (Figura 2).



**Figura 2.** Ubicación de los puntos de colecta para materia orgánica, contaminantes persistentes (metales pesados y HAPs) y ruido

Una vez definida e identificada el área de estudio, el efecto de borde fue estudiado a través de la evaluación de las fuentes de contaminación y el monitoreo de cuatro variables: materia orgánica en el suelo, metales pesados en suelo, hidrocarburos aromáticos (HAP) del petróleo en suelo y niveles de ruido superficiales, utilizando datos del tránsito vehicular proporcionados por la SCT (2009), combinado con las emisiones de vehículos de combustión interna reportadas por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA, 2003).



De estas estimaciones preliminares, destaca el alto volumen de plomo y HAPs que están siendo liberados en la carretera 186, debido al alto potencial tóxico de estas sustancias. Esta mezcla de contaminantes puede causar estrés fisiológico en flora y fauna, lo que puede afectar la productividad y diversidad biológica de las comunidades tal y como lo mencionan Reijnen *et al.* (2006) y Zehetner *et al.* (2009). Además, cabe considerar que, por decreto nacional, las ANP no deberían ser receptoras de fuentes contaminantes de ningún tipo.

**Tabla 1.** Volumen de contaminantes emitidos en la región de Calakmul-Balamkú por el tráfico vehicular

Compuesto Contaminante	Emisiones (g auto <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Flujo másico (Ton año <sup>-1</sup> )	
		Total carretera 186	ANP Calakmul- Balamkú
Arsénico	0.032	0.016	0.002
Cadmio	0.322	0.166	0.017
Cromo	0.805	0.415	0.041
Cobre	10.657	5.489	0.549
Plomo	40.342	20.777	2.078
Níquel	0.777	0.400	0.040
Zinc	29.846	15.371	1.537
HAPs	31.721	16.337	1.634

#### Monitoreo de indicadores de contaminación

Como se observa en la Figura 3, la concentración de la materia orgánica (MO) aumentó a medida que la distancia a la carretera se incrementaba. Dado que se trata de una ANP, este patrón es una evidencia del efecto de borde sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo, las cuales fueron muy evidentes en los primeros 50 m de la carretera. Después de esta distancia, las diferencias encontradas en MO pueden ser una respuesta compleja a los diferentes tipos de suelo y de cobertura vegetal, ya que no existe intervención antropogénica de ningún tipo.

Por su parte, los niveles más altos de metales pesados se localizaron en áreas cercanas a la carretera, especialmente en los primeros 50 m. En contraste, a partir de una distancia de 1.5 km no existe evidencia de impacto antropogénico de estos compuestos, ya que son muy similares a los registrados a 3.0 km (Figura 3), distancia a la carretera que Brichieri-Colombi (2012) estableció como referencia por no existir influencia antropogénica.

No obstante que los datos revelan cierto efecto del tránsito vehicular sobre el gradiente de las concentraciones de metales pesados en función de la distancia a la carretera, los valores encontrados contrastan fuertemente con los volúmenes estimados de las fuentes de contaminación. En este sentido, autores como Legret y Pagotto (1999) han encontrado que una gran proporción de los metales generados por automóviles se dispersa en la atmósfera pasando a ser fuentes de contaminación difusa (Zechmeister *et al.*, 2006).





- Kocioleck A. V., Clevenger A.P., Clair C. C., Proppe D. S. (2011) Effects of road Networks on bird population. *Conservation Biology*, **25**(2), 241-249.
- Legret M., Pagotto C. (1999) Evaluation of pollutant loading in the runoff waters from a major rural highway. *Science of The Total Environment*, **235**(1-3), 143-150.
- Mazerolle M. J. (2004) Amphibian road mortality in response to nightly variations in traffic intensity. *Herpetologia*, **60**, 45-53.
- Rheindt F. E. (2003) The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? *Journal of ornithology*, **144**(3), 295-306.
- Reijnen, R., Froppen R., Meeuwsen H. (1996) The effects of traffic on the density of breed birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation*, **75**, 255-260.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte, SCT (2009) *Memorias de Obras 2009. Infraestructura Carretera*. Consultado en <http://www.sct.gob.mx/informacion-general/planeacion/documentos-del-sector-2007-2012/memorias/memoria-de-obras-2009/>
- Shaub A., Ostwald J., Siemers B. M. (2008) Foraging bats avoids noise. *The Journal of Experimental Biology*, **211**, 3174-3180.
- Van Bohemen H. D., Jansen Van de Laak W. H. (2003) The influence of road infrastructure and traffic on soil, water, and air quality. *Environmental Management*, **31**: 50-68.
- Viard B., Pihan F., Promeyrat S., Pihan J. C. (2004) Integrated assessment of heavy metals (Pb, Zn y Cd) highway pollution: bioaccumulation in soils, *Graminaceae* and land snails. *Chemosphere*, **55**(10), 1349-1359.
- Zechmeister H., G., Dullinger St., Hohenwallner D., Riss A., Hanus-Illy A., Scharf A. (2006) Pilot study on road traffic emissions (PAHs, heavy metals) measured by using mosses in a tunnel experiment in Vienn, Austria. *Environmental Science and Pollution Research*, **13** (6), 398-405.
- Zehetner F., Rosenfellner U., Mentler A., Gerzabek M. H. (2009) Distribution of road salt residues, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons across a highway-Forest Interface. *Water Air Soil Pollut*, **198**: 125-132.