

Identification of Diptera nematoceran of medical interest in areas surrounding the construction of the Represa Hidroeléctrica Toachi-Pilatón

Identificación de Dípteros Nematóceros de interés médico en zonas aledañas a la construcción de la Represa Hidroeléctrica Toachi-Pilatón

Renato León^{1*}, Leonardo Ortega^{2,5}, Moisés Gualapuro¹, Francisco Morales³, María Isabel Rojas¹, Mauricio Espinel^{1,4}

¹Universidad San Francisco de Quito. Laboratorio de Entomología Médica & Medicina Tropical (LEMMT). Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales. Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá, Edif. Darwin 102. Casilla Postal 17-1200-841, Quito, Ecuador.

²Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, College of Medical, Veterinary and Life Sciences, University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ UK.

³Vrije Universiteit Brussels. Center of Molecular Immunology (CMIM). Brussels, Belgium.

⁴Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Ciencias de la Salud. Escuela de Salud Pública. Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá, Edif. Newton. Casilla Postal 17-1200-841, Quito, Ecuador.

⁵Universidad Regional Amazónica IKIAM, Parroquia San Juan de Muyuna, Cantón Tena. Napo - Ecuador.

*Autor principal/Corresponding author, e-mail: rleon@usfq.edu.ec

Editado por/Edited by: Cesar Zambrano, Ph.D.

Recibido/Received: 05/03/2014. Aceptado/Accepted: 13/03/2014.

Publicado en línea/Published on Web: 19/12/2014. Impreso/Printed: 19/12/2014.

Abstract

The presence of hydroelectric dams has been associated with major environmental changes and may have an effect in the transmission of parasitic and vector-borne diseases such as malaria, leishmaniasis, onchocerciasis, several arboviruses and other consequences in health. In 2009, the construction of the Toachi-Pilatón dam started in Ecuador and herein we report a pilot entomological surveillance of the Nematoceran Dipterans of medical interest collected at various localities close to the construction site. The presence of at least two anopheline species (*Anopheles neivai* and *An. albimanus*) and one sand fly species (*Lutzomyia trapidoi*), that have been previously incriminated as vectors of malaria and leishmaniasis respectively, suggests a potential risk of disease transmission. Several species of the biting midge of the genus *Culicoides* were also found. The abundance of blackflies of the genus *Simulium* found close to rivers and running water constitute a real nuisance to field workers and inhabitants of the area. Results from pilot questionnaires in two nearby communities (Praderas del Toachi and Palo Quemado) indicate that although most of the inhabitants are aware of the presence of these insects, few of them know about the diseases that they could potentially transmit and very few people tend to use bed nets. We recommend to follow up on this pilot surveillance with new studies in the future to measure possible effects of the presence of the dam on the transmission of vector-borne diseases and on vector populations.

Keywords. Hydroelectric dams, malaria, leishmaniasis, *Anopheles neivai*, *Lutzomyia trapidoi*, ecohealth, health impact assessment, vector ecology.

Resumen

La presencia de represas hidroeléctricas ha sido asociada a grandes alteraciones ambientales y pueden tener un efecto en la transmisión de enfermedades parasitarias y vectoriales como la malaria, la leishmaniasis, la oncocercosis, enfermedades arbovirales y otras consecuencias para la salud. En el 2009, se inicia la construcción de la central hidroeléctrica Toachi-Pilatón y en este estudio reportamos un muestreo entomológico preliminar de insectos Dípteros Nematóceros de interés médico colectados en varias localidades cerca de la construcción de la represa. La presencia de al menos dos especies de anofelinos (*Anopheles neivai* y *An. Albimanus*) y de al menos una especie de flebotomos (*Lutzomyia trapidoi*), incriminados en el pasado como vectores de malaria y leishmaniasis respectivamente, indican el riesgo potencial de transmisión de estas enfermedades. Algunas especies de las arenillas del género *Culicoides* también están presentes. La abundancia de moscas negras del género *Simulium* cerca de ríos y riachuelos constituyen una real molestia a los trabajadores del campo y habitantes por sus picaduras. Los resultados de una encuesta epidemiológica piloto en dos poblaciones cercanas (Praderas del Toachi y Palo Quemado) indican que aunque la mayoría de los habitantes conocen de estos insectos, pocos están al tanto de las enfermedades que pueden transmitir y muy pocos utilizan mosquiteros. Se recomienda hacer seguimiento de estos resultados con nuevos estudios en el futuro para medir el efecto de la presencia de esta represa en la transmisión de enfermedades vectoriales y en las poblaciones de vectores en la zona.

Palabras Clave. Represas hidroeléctricas, malaria, leishmaniasis, *Anopheles neivai*, *Lutzomyia trapidoi*, ecosalud, evaluación de impacto en salud, ecología vectorial.

Introducción

El cambio global que se refiere a la alteración de hábitos como consecuencia de la actividad humana es uno de los factores más importantes que afectan a la distribución de enfermedades parasitarias y/o transmitidas por insectos vectores [1]. Entre los cambios más importantes se encuentran la deforestación y el reemplazo de bosques primarios con zonas de cultivo y pastizales lo que también favorece la formación de charcos y redistribución de depósitos naturales de agua, la colonización y construcción de carreteras, la migración humana, la implementación de actividades agrícolas, mineras, proyectos hidroeléctricos (construcción de represas) y termoeléctricos (construcción de pozos petroleros e infraestructura para el transporte de crudo) [2, 3]. La construcción de represas hidroeléctricas puede ocasionar cambios en el medio ambiente [4–6] y en la transmisión de enfermedades [7–9]. Su efecto en la transmisión de enfermedades vectoriales ha sido principalmente reportado en malaria [10–14], pero también en arbovirus [15, 16], oncocercosis [17] leishmaniasis y otras enfermedades [18–21]. La Comisión Mundial de Represas produjo un reporte en el año 2000 en donde se revisó las consecuencias de cientos de represas en el mundo, y se alerta sobre los graves impactos que pueden tener generando múltiples recomendaciones en relación a la construcción y operación de represas [22].

En el Ecuador, desde el año 1994 el Consejo Provincial de Pichincha plantea llevar a cabo el Proyecto Hidroeléctrico Toachi-Pilatón, contrato que se concreta hacia mediados del 2009 cuando la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP - HIDROTOAPI) inicia la construcción de dos represas llamadas Pilatón - Sarapullo y Toachi - Alluriquín en las sub-cuencas hidrográficas de los ríos Pilatón y Toachi, en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes. La obra propone la reversión de las aguas del río Pilatón y del río Toachi para instalar una potencia total de 254,4 MW [23]. Las dos represas en construcción se localizan en la cercanía de las poblaciones humanas de Praderas del Toachi, Palo Quemado, Santa Rosa, Mirabad y el recinto La Esperia, en la carretera principal Quito-Santo Domingo de los Tsáchilas. Los estudios de impacto ambiental (EsIA) y planes de manejo ambiental (PMA) previos a la construcción de la obra se realizaron y se concede la licencia ambiental para la construcción de la obra. Sin embargo, los estudios no abordan en profundidad información acerca de las enfermedades transmitidas por vectores y el potencial efecto de la construcción del proyecto en el riesgo epidemiológico que este pueda causar en la transmisión de enfermedades. Ciertamente, esta información es limitada o inexistente. Para la leishmaniasis, existen pocos reportes acerca de un monitoreo por parte de las autoridades de salud. En el caso de la malaria, a pesar de la persistencia de los vectores, la casuística de los últimos años ha evidenciado una significativa tendencia a la baja; sin embargo, a pesar de su limitada transmisión persiste el riesgo de un brote en el futuro [24].

El presente estudio piloto pretende complementar esta información con un monitoreo entomológico de los Dípteros Nematóceros de interés médico presentes en la zona y una encuesta epidemiológica piloto que recoleccione información acerca de si los habitantes reconocían a los mosquitos anofelinos como causantes de la malaria y a los flebótomos como causantes de la leishmaniasis. Esta información servirá de base para comparación con estudios futuros cuando las represas hidroeléctricas estén terminadas y operando. Además, se podrá evidenciar el efecto que la obra pueda tener en la diversidad de estos insectos, su abundancia y su influencia en brotes epidemiológicos de enfermedades vectoriales.

Métodos

El presente estudio se realizó desde Abril a Agosto del 2010 e incluyó una fase de monitoreo entomológico y otra de encuestas a los moradores de la zona. A la fecha del presente estudio, la represa Toachi-Pilatón se encontraba a inicios de su construcción. Actualmente continúa en construcción y está previsto que se inicien operaciones en 2015.

Sitio de estudio

Los sitios en donde se realizaron los monitoreos entomológicos fueron: (1) Recinto La Hesperia, (2) Bosque protector La Hesperia, (3) bosque aledaño a la vía Alóag - Santo Domingo (zona del ingreso a la represa en construcción), (4) zona cercana a la población de Praderas del Toachi, (5) zona cercana a la población de Palo Quemado y (6) zona cercana a la población de Santa Rosa (Fig 1). Las encuestas se llevaron a cabo en las poblaciones de Praderas del Toachi y Santa Rosa por ser las poblaciones más cercanas a la represa, exceptuando Mirabad pues ésta se encuentra en la loma de una colina donde existen fuertes corrientes de viento que pueden ser un factor limitante para la presencia de vectores. Debido al tiempo y financiamiento disponibles, la encuesta abarcó un número limitado de individuos (N=29).

Colección de datos

El monitoreo entomológico se realizó en 3 visitas a la zona durante el período de estudio mencionado previamente y los métodos de colección empleados fueron el uso de trampas entomológicas de luz "CDC miniature light traps" [25], con o sin cebo de dióxido de carbono (CO₂ sachets) y, complementariamente, cebo humano protegido sobre los investigadores donde los insectos fueron capturados con aspiradores antes de la picadura.

Las colectas con trampas CDC se llevaron a cabo en zonas de bosque y pastizales donde permanecían funcionando durante toda la noche. Este método fue empleado para la captura de estadios adultos de individuos de las familias Culicidae, Psychodidae, y Ceratopogonidae. Los adultos de las familias Culicidae y Psychodidae fueron también colectados con cebo humano protegido al amanecer o al anochecer durante dos horas en

zonas de filo de bosque. Individuos adultos de la familia Simuliidae fueron colectados por una sola vez durante quince minutos en la mañana con cebo humano en una zona cercana a un riachuelo.

El muestreo de larvas de Culicidae se realizó durante la mañana en zonas cercanas a riachuelos y fuentes de agua así como en charcos y depósitos de agua estancada. Para la captura de especímenes se utilizó “dippers” y una captura consistió en 20-30 muestreos en una misma zona de agua. Los especímenes fueron almacenados en tubos de vidrio o recipientes plásticos con etanol al 75 % y llevados al laboratorio para su identificación.

La identificación de especies se llevó a cabo utilizando claves dicotómicas para Culicidae [26–29], para Ceratopogonidae [30–33], para Psychodidae [34–36] y claves generales [37]. En el caso de individuos de la familia Psychodidae, sólo las hembras fueron identificadas hasta nivel de especie en base a la morfología de la espermateca, observada mediante disección del abdomen.

Resultados

Los siguientes Dípteros Nematóceros fueron solamente identificados hasta familia o género: Mosquitos, excepto anofelinos, hasta familia (Culicidae), flebotomos machos (Psychodidae) y moscas negras (Simuliidae) hasta género. Los mosquitos *Anopheles*, las hembras de flebotomos y las arenillas (Ceratopogonidae) fueron identificados hasta especie. Los resultados de la identificación taxonómica se muestran en la Tabla 1.

La identificación morfológica de los especímenes adultos anofelinos colectados indica que todos corresponden a *Anopheles neivai*, Howard, Dyar and Knab 1913. Adicionalmente, se localizaron dos posibles criaderos de larvas de *An. (Nysorrhynchus) albimanus* Wiedemann, C.R.G. 1820, en la carretera en construcción de la población de Mirabad hacia la represa y se lograron coleccionar siete larvas que fueron luego identificadas como *An. albimanus*.

Se encontraron 35 individuos de la familia Simuliidae, todos ellos pertenecientes al género *Simulium*. Durante la captura, se pudo evidenciar el alto grado de molestia de estos insectos debido a su picadura, obteniendo así una tasa promedio de 2.3 picaduras por minuto.

En el caso de flebotomos, pertenecientes a la familia Psychodidae, se colectaron un total de 80 individuos (49 hembras y 31 machos). Las hembras identificadas pertenecen a ocho especies diferentes, siendo las más abundantes *Lutzomyia hartmanni* (32.6 %) y *Lu. serrana* (34.7 %).

De los individuos pertenecientes a la familia Ceratopogonidae, comúnmente conocidos como “arenillas”, se obtuvieron un total de 519 especímenes del género *Culicoides* Latreille 1809. Su identificación es preliminar y se encontraron al menos 6 especies: Subgénero no

Vector	Enfermedad asociada	Número de especímenes
<i>Anopheles neivai</i>	Malaria	45
<i>Anopheles albimanus</i>	Malaria	7
Culicidae	Arbovirus	54
<i>Simulium spp.</i>	Oncocercosis	35
<i>Culicoides spp.</i>	Lengua azul, otros arbovirus	519
* <i>Lutzomyia hartmanni</i>	Leishmaniasis	16
* <i>Lutzomyia trapidoi</i>	Leishmaniasis	4
* <i>Lutzomyia serrana</i>	Leishmaniasis	17
* <i>Lutzomyia camposi</i>	-	1
* <i>Lutzomyia shannoni</i>	-	1
* <i>Lutzomyia (Psychodopygus)</i>	Leishmaniasis	1
* <i>Lutzomyia aclydifer</i>	-	5
* <i>Lutzomyia dreishbachi</i>	-	4

*Especímenes hembras identificados en base a la forma de la espermateca.

Tabla 1: Identificación de especímenes y potenciales vectores de enfermedades en el estudio.

ubicado, Grupo de Especies *fluvialis*: *Culicoides balsapambensis* Ortiz & León, 1955. *C. castillae* Fox, 1946. *C. fluvialis* Macfie, 1940a. Subgénero no ubicado, Grupo de Especies *limai*: *C. limai* Barretto, 1944. *C. vernoni* Wirth & Blanton, 1973. Subgénero *Psychophaena* *C. venezuelensis* Ortiz & Mirsa, 1950.

Los resultados de las encuestas epidemiológicas se muestran en la Tabla 2. Aunque la población analizada es pequeña y no es posible realizar un análisis estadístico exhaustivo, cabe recalcar que apenas una fracción minoritaria de las dos poblaciones encuestadas (11 % en Praderas del Toachi y 20 % en Santa Rosa) acostumbra a utilizar toldo para evitar picaduras nocturnas de insectos.

Discusión

El hecho de que todos los especímenes anofelinos fueron identificados como *Anopheles neivai* concuerda con la distribución de la especie al Noroccidente de los Andes pero es un nuevo registro geográfico de esta especie para esa zona. Los especímenes fueron colectados al crepúsculo en filo de bosque cerca de Praderas del

Información solicitada	Praderas del Toachi (n=19)	Santa Rosa (n=10)
¿Se utilizan toldos en su casa?	11 % (n=2)	20 % (n=2)
¿Hay presencia de mosquitos en su casa?	68 % (n=13)	90 % (n=9)
¿Puede reconocer usted las larvas de mosquito?	11 % (n=2)	20 % (n=2)
¿Puede reconocer usted las arenillas?	84 % (n=16)	90 % (n=9)
¿Puede reconocer usted las mantas blancas?	74 % (n=14)	40 % (n=4)
¿Ha tenido malaria?	32 % (n=6)	0 % (n=0)
¿Ha tenido leishmaniasis?	5 % (n=1)	0 % (n=0)

Tabla 2: Detalle de las encuestas piloto en dos poblaciones aledañas a la construcción de la represa Toach-Pilatón.

Toachi y en potreros cerca del ganado en Santa Rosa. *An. (kerteszia) neivai* ha sido incriminado en la transmisión de malaria en la costa Pacífica de Colombia [38] y ha sido encontrado infectado con el virus de Guaroa en Colombia [39]. La presencia de larvas de *An. albimanus* representa otra evidencia de presencia de vectores de malaria en la zona. Se han reportado anteriormente larvas de esta especie en la carretera desde la Unión del Toachi hacia Palo Quemado (L. Pinault, Com pers). *An. (Nysorrhynchus) albimanus* es considerado el principal vector de malaria en la costa del Ecuador [40]. Estas dos especies deben ser monitoreadas en el futuro pues la zona podría estar en riesgo de presentar casos de malaria especialmente si las poblaciones de vectores se ven afectadas por la construcción de la represa.

Otra especie de interés médico es el mosquito *Aedes aegypti* Linnaeus 1762, vector principal de la fiebre del dengue. Según los habitantes de Praderas del Toachi, se presentó un pequeño brote de dengue en el pasado, pero, a pesar de haberse encontrado dos criaderos con agua dentro de llantas abandonadas y larvas de mosquitos, no se encontró *Ae. aegypti* en este estudio. Esta especie de mosquito habita en zonas urbanas; sus poblaciones persisten en grandes ciudades de la costa como Guayaquil, Machala y Portoviejo en donde el dengue es endémico. Sin embargo, recientemente se ha encontrado la presencia de *Aedes aegypti* en pequeñas poblaciones en zonas rurales en donde se ha reportado brotes epidémicos de dengue [41]. El control de esta especie adquiere aún más importancia recientemente por ser vector del virus de Chikungunya que constituye un serio problema de salud en las Américas de donde se han reportado miles de casos y está presente en el Perú y en Colombia. El primer caso en el Ecuador se reporta en Octubre 2, 2014 [42].

En referencia a las “moscas negras”, la bibliografía indica varios estudios en la provincia de Esmeraldas que revelan la presencia de *Simulium exiguum s. l.* y *S. quadrivittatum* [43], ambas especies implicadas en la transmisión de oncocercosis en la zona del río Santiago. La oncocercosis es un serio problema de salud pública presente en 6 países en América Latina (Colombia, Brasil, Venezuela, México, Guatemala y Ecuador), sin embargo gracias a campañas anuales de nodulectomías y tratamiento de pacientes con Ivermectina (Mectizan®), el Ecuador ha podido controlar la transmisión de la enfermedad [44]. Observaciones preliminares y conversaciones con los colonos y campesinos del lugar sugieren que estos insectos hematófagos también constituyen un problema por sus picaduras obligando a que campesinos y trabajadores frecuentemente se protejan con ropa especial y malla en su cara y cuerpo, entre otros. También estos insectos se alimentan ávidamente del ganado y otros animales domésticos y constituyen posiblemente la plaga más molesta del lugar. Sería pertinente realizar un estudio taxonómico a nivel de especie en este grupo para evidenciar su biodiversidad en la zona y aclarar si *S. exiguum* y/o *S. quadrivittatum* están presentes en el

área de este estudio.

Los flebotomos son vectores de leishmaniasis, sin embargo, al tener estadios inmaduros terrestres no están directamente asociados a zonas de agua; más bien se encuentran en bosques y filos de bosques. Sin embargo, tanto la composición de especies como su abundancia pueden verse afectadas por la alteración de hábitats terrestres causada por la construcción de la represa. La presencia de *Lutzomyia trapidoi*, Fairchild & Hertig, 1952 de amplia distribución en la costa y estribaciones occidentales de los Andes corroboran el riesgo de transmisión de leishmaniasis en la zona y han sido reportados como los vectores principales de *Leishmania (Viannia) panamensis* [45]. La información de los pobladores de Mirabad, y Praderas del Toachi sugiere pocos casos pasados de leishmaniasis cutánea, aunque dicha información debe ser verificada en estudios futuros.

Respecto a las arenillas de la familia Ceratopogonidae, este grupo taxonómico ha sido muy poco estudiado en el Ecuador, por lo que se esperaría el descubrimiento de muchas especies nuevas en el futuro. La identificación hasta especie de los especímenes colectados es preliminar y debe ser confirmada. La presencia de *Culicoides vernoni* de confirmarse su identificación, sería un registro nuevo para el Ecuador. En general, estos insectos hematófagos se caracterizan por tener un tamaño diminuto, cuerpo de color claro, café o negro y las alas con diferentes patrones maculares. Están asociados a zonas de potreros con ganado del que se alimentan ávidamente especialmente temprano en la mañana. Constituyen una molestia para el ganado y moradores de estas zonas. Algunas especies son consideradas vectores del virus de Blue Tongue (BTV) de interés veterinario, virus de Oropuche y otros que afectan al ser humano, además de filarias del género *Manzonella* y *Dipetalonema*. Hasta nuestro conocimiento el virus BTV no ha sido reportado en el Ecuador y el virus de Oropuche solamente reportado en pocos casos febriles de la Amazonía Ecuatoriana [46]. El cambio de hábitat generado por el proyecto hidroeléctrico podría convertir zonas boscosas en pastizales, aumentando el área óptima para la cría y desarrollo de estos insectos. Los efectos epidemiológicos que este hecho pudiera tener son inciertos considerando que las arenillas al momento no han sido reportadas como vectores de ninguna enfermedad en el país, pero si son considerados una molestia por sus picaduras para los habitantes de la zona.

En referencia a la encuesta que se realizó a la población local acerca de su percepción y hábitos con respecto a prevenir las enfermedades transmitidas por insectos, el análisis de los resultados sugieren que el uso de toldos durante la noche para evitar picaduras no es una práctica común entre los moradores encuestados, a pesar de que en su mayoría reportaron la presencia de mosquitos al interior de las casas. Se sugiere promover una mayor concientización sobre la importancia del uso de toldos, el uso de repelentes y fumigación de las casas, lo que se

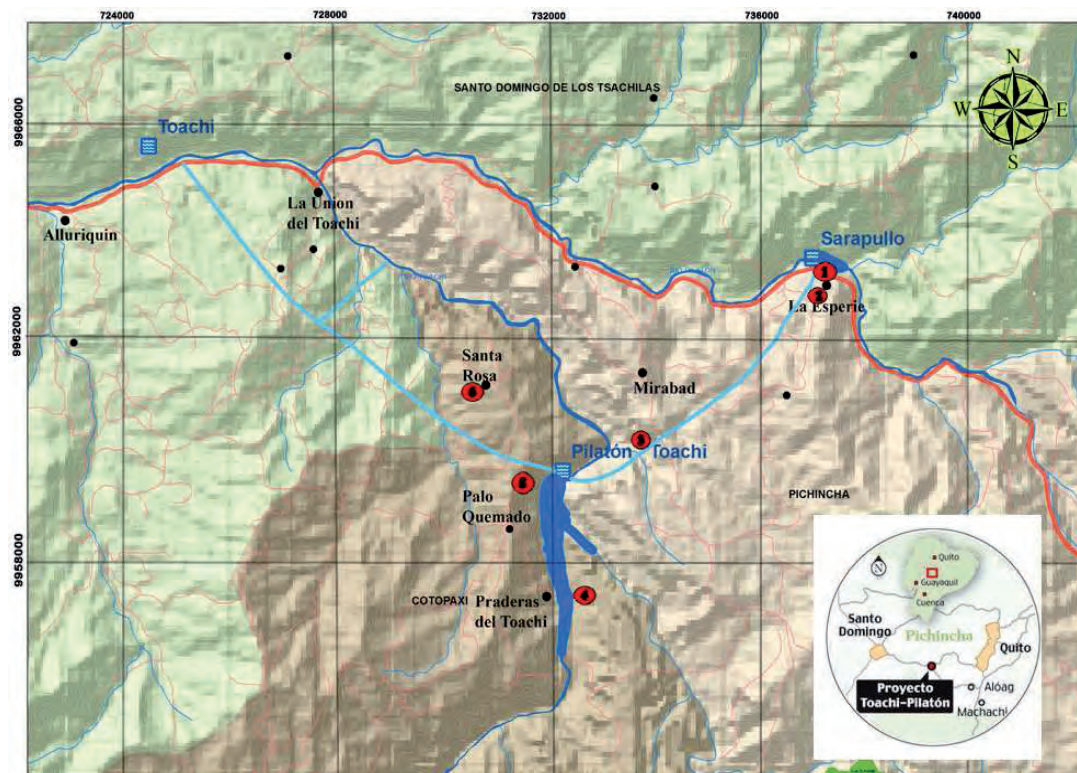


Figura 1: Mapa del área de la construcción de la represa Toachi-Pilatón y sitios de monitoreo entomológico (en círculos rojos).

ha visto, puede prevenir en gran medida la transmisión de enfermedades transmitidas por vectores [47, 48].

Conclusiones

Aunque el presente estudio presenta limitaciones importantes a nivel de tamaño de muestra y una toma extensa de datos, es un reporte preliminar interesante sobre la presencia de insectos Dípteros Nematóceros de interés médico en seis de las zonas aledañas a la represa hidroeléctrica Toachi-Pilatón y sobre la percepción de los moradores locales sobre los vectores presentes y las enfermedades potenciales que éstos transmiten. Este estudio constituye un punto de partida importante para investigaciones más extensas. La influencia de las represas hidroeléctricas en la incidencia de enfermedades vectoriales ha sido ampliamente demostrada en la bibliografía. Se sugiere implementar como parte del plan de manejo de la represa un programa de monitoreo de las poblaciones de Dípteros Nematóceros de importancia médica y una vigilancia continua, en coordinación con las autoridades locales de salud, de las enfermedades transmitidas por vectores prevalentes en la zona. En caso de que las poblaciones de insectos vectores aumenten o cambien, será importante la concientización a la gente sobre, la importancia del uso de toldo, de repelentes y fumigaciones, de medidas para evitar la presencia de insectos hematófagos dentro de las casas y en el peridomicilio. Por ejemplo, se debe evitar mantener agua estancada dentro o cerca de las viviendas y promover la identificación y eliminación de los criaderos naturales de larvas de mosquitos. Todas estas podrían ser alter-

nativas importantes para prevenir brotes epidémicos de estas enfermedades en el futuro.

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias al financiamiento de Chancellors Grant, Universidad San Francisco de Quito. Agradecemos al Ing. Juan Pablo Játiva del bosque Protector La Esperia y Proyecto Hidrotoapi y al Sr. Mario Meza por su ayuda en la coordinación y logística del trabajo de campo. Un especial agradecimiento a las hermanas Siervas de la Caridad de la Población de Palo Quemado por su ayuda para el alojamiento. Al Dr. Denis Augot de la Universidad de Reims y a la Dra Sonia Zapata del Instituto de Microbiología de la USFQ por su ayuda en la identificación preliminar de los Ceratopogonidos del género *Culicoides*.

Referencias

- [1] Sutherst, R. 2004. "Global Change and Human Vulnerability to Vector-Borne Diseases". *Clinical Microbiology Reviews*, 17(1):136-173.
- [2] Bueno-Marí, R.; Jiménez-Peydró, R. 2013. "Global change and human vulnerability to vector-borne diseases". *Front. Physiol*, 4:158.
- [3] Patz, J.; Graczyk, T.; Geller, N.; Vittor, A. 2000. "Effects of environmental change on emerging parasitic diseases". *International Journal for Parasitology*, 30:1395-1405.
- [4] Rosenberg, D.; Berkes, F.; Bodaly, R.; Hecky, R.; Kelly, C.; Rudd, J. 1997. "Large-scale impacts of hydroelectric development". *Environmental Reviews*, 5:27-54.

- [5] Baxter, R. 1977. "Environmental effects of dams and impoundments". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8:255–283.
- [6] Fearnside, P. 2001. "Environmental impacts of Brazil's Tucuruí dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia". *Environmental Management*, 27(3):377–396.
- [7] Sow, S.; de Vlas, S.; Engels, D.; Gryseels, B. 2002. "Water-related disease patterns before and after the construction of the Diama dam in northern Senegal". *Ann Trop Med Parasitol*, 96(6):575–586.
- [8] A., Z.; Petney, T.; Grundy-Warr, C.; Andrews, R.; Baird, I.; et al. 2013. "Dams and Disease Triggers on the Lower Mekong River". *PLoS Negl Trop Dis*, 7(6):e2166.
- [9] Hunter, J.; Rey, L.; Scott, D. 1983. "Man-made lakes - man-made diseases". *World Health Forum*, 4:177–182.
- [10] Keiser, J.; De Castro, M.; Maltese, M.; Bos, R.; Tanner, M.; Singer, B.; Utzinger, J. 2005. "Effect of irrigation and large dams on the burden of malaria on a global and regional scale". *Am. J. Trop. Med. Hyg*, 72(4):392–406.
- [11] Vasconcelos, C.; Leão de Moraes Novo, E.; Donalísio, M. 2006. "Use of remote sensing to study the influence of environmental changes on malaria distribution in the Brazilian Amazon". *Cad. Saúde Pública*, 22(3):517–526.
- [12] Guimaraes, A.; Gentile, C.; Alencar, J.; Lopes, C.; Mello, R. 2004. "Ecology of anopheline (Diptera, Culicidae), malaria vectors around the Serra de Mesa Reservoir, State of Goiás, Brazil. 1-Frequency and climatic factors". *Cadenos de Saúde Pública*, 20(1):291–302.
- [13] Tubaki, R.; Menezes, R.; Cardoso Junior, R.; Bergo, E. 2004. "Studies on entomological monitoring: Mosquito species frequency in riverine habitats of the Igarapava Dam, Southern Region, Brazil". *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 46(4):223–229.
- [14] Yewhalaw, D.; Legesse, W.; Van Bortel, W.; Gebre-Selassie, S.; Kloos, H.; Duchateau, L.; Speybroeck, N. 2009. "Malaria and water resource development: the case of Gilgel-Gibe hydroelectric dam in Ethiopia". *Malar J*, 29(8):21.
- [15] Dégallier, N.; Travassos de Rosa, A.; Hervé, J.; Vasconcelos, P.; Travassos de Rosa, J.; Sa' Filho, G.; Pinheiro, F. 1989. "Modifications of arbovirus eco-epidemiology in Tucuruí, Para, Brazilian Amazonia, related to the construction of a hydroelectric dam". *Proceedings of the 5th Symposium on Arbovirus Research in Australia*, 1:124–135.
- [16] Dégallier, N.; Travassos Da Rosa, A.; Vasconcelos, P.; Herve, J.; Sá Filho, G.; Travassos Da Rosa, J.; Travassos Da Rosa, E.; Rodrigues, S. 1992. "Modifications of arbovirus transmission in relation to construction of dams in Brazilian Amazonia". *Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, 44:124–135.
- [17] Ebomoyi, E.; Omonisi, M. 1991. "Human Ecology and Behavior in Onchocerciasis Control Isolated Villegas of Kwara State, Nigeria". *Ambio*, 20(1):43–47.
- [18] Barata, R.; Ursine, R.; Nunes, F.; Morais, D.; Araujo, H. 2012. "Synanthropy of mosquitoes and sand flies near the Aimorés hydroelectric power plant, Brazil". *J Vector Ecol*, 37(2):397–401.
- [19] Ferreira, V.; Martinez, C.; Versiani, R. B. Santos. 2011. "Human health externalities studies derived from hydro-power plants reservoirs". *Eng Sanit Ambient*, 16(2):149–156.
- [20] Fryauff, D.; Modi, G.; Mansour, N.; Kreutzer, R.; Soliman, S.; Youssef, F. 1993. "Epidemiology of cutaneous leishmaniasis at a focus monitored by the multinational force and observers in the northeastern Sinai Desert of Egypt". *Am J Trop Med Hyg*, 49(5):598–607.
- [21] Rezende, H.; Sessa, P.; Ferreira, A.; Dos Santos, C.; Leite, G.; Falqueto, A. 2009. "Effects of the installation of the Rosal hydroelectric power station, Itabapoana River, States of Espírito Santo and Rio de Janeiro, on anophelinae, planorbidae and phlebotominae". *Rev Soc Bras Med Trop*, 42(2):160–164.
- [22] Anónimo. 2014. "The World Commission on Dams". *Enlace: <http://www.internationalrivers.org/campaigns/the-world-commission-on-dams>*.
- [23] Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP. 2014. "Información general Hidrotoapi". *Enlace: <https://www.celec.gob.ec/hidrotoapi/index.php/toachipilaton/informacion-general>*.
- [24] Sistema Informático de Vigilancia Epidemiológica del Ministerio de Salud Pública del Ecuador (ViEpi-MSP). 2014.
- [25] Sudia, W.; Chamberlain, R. 1962. "Battery operated light traps, an improved model". *Mosq. News*, 22:126–129.
- [26] Faran, M. 1980. "Mosquito studies (Diptera: Culicidae) XXXIV. A revision of the *Albimanus* Section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*". *Contrib Am Entomol Inst*, 15(7):1–215.
- [27] Faran, M.; Linthicum, K. 1981. "A handbook of the Amazonian species of *Anopheles* (Diptera: Culicidae)". *Mosq Syst*, 13:1–81.
- [28] Linthicum, K. 1988. "A revision of *Argyritarsis* Section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*". *Mosq Syst*, 20:98–271.
- [29] Wilkerson, R.; Strickman, D. 1990. "Illustrated key to the female anopheline mosquitoes of Central America and Mexico". *Journal of Mosquito Control Association*, 6(1):7–13.
- [30] Ortiz, I.; León, L. 1955. "Los *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) de la República del Ecuador". *Boletín de Informaciones Científicas Nacionales*, 7:564–590.
- [31] Borkent, A. 2012. "World Species of Biting Midges (Diptera: Ceratopogonidae)". *<http://www.inhs.uiuc.edu/research/FLYTREE/CeratopogonidaeCatalog.pdf>*, Salmon Arm: British Columbia.

- [32] Borkent, A.; Spinelli, G. 2007. “*Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta) (Vol. 4)*”. J. Adis, J. Arias, G. Rueda-Delgado, & K. Wanssen, Edits. Sofia, Bulgaria: Pensoft.
- [33] Mihn Hoan, T. 2010. “Contribution a l’étude des Ceratopogonidae de nouveau monde: le genre *Culicoides* Latreille, 1809 (Diptera: Ceratopogonidae) morphologie, importance médicale et vétérinaire, description des espèces de la Guyane Française”. Université Paris: Paris.
- [34] Young, D.; Duncan, M. 1994. ‘Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae)’. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 54, Associated Publishers-American Entomological Institute: Gainesville.
- [35] Young, D.; Duncan, M. 1994. “Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sandflies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae)”. *Mem Ann Entomol Institut*, 54: 1–881.
- [36] Galati, E. 2010. “Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) Classificação, Morfologia, Terminologia e Identificação de Adultos. Apostila Disciplina HEP 5752 Bioecologia e Identificação de Phlebotominae. Vol. I”. *Departamento de Epidemiologia Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo: São Paulo*.
- [37] Bland, R.; Jaques, H. 1978. “How to know the insects”. 3rd edition. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa, USA.
- [38] Solarte, Y.; Hurtado, C.; Gonzalez, R.; Alexander, B. 1996. “Man-biting activity of *Anopheles (Nyssorhynchus) albimanus* and *An. (kerteszia) neivai* (Diptera: Culicidae) in the Pacific lowlands of Colombia”. *Mem Inst. Oswaldo Cruz*, 21(2):141–146.
- [39] Lee, V.; Sanmartin, C. 1967. “Isolations of Guaroa virus from *Anopheles (kerteszia) neivai* in the Pacific lowlands of Colombia”. *Am J. Trop. Med Hyg*, 16(6):778–781.
- [40] Pinault, L.; Hunter, F. 2012. “Characterization of larval habitats of *Anopheles albimanus*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Anopheles punctimacula*, and *Anopheles oswaldoi* s.l. populations in lowland and highland Ecuador”. *Journal of Vector Ecology*, 37(1):124–136.
- [41] León, R.; Grupo investigación de la UTMACH; Stewart-Ibarra, A.; Arteaga, V.; Beltrán, E. 2014. “Monitoreo del mosquito vector *Aedes aegypti* en Palmares, localidad rural Ecuatoriana del cordón fronterizo Ecuador-Perú, durante una epidemia de dengue en Enero- Abril del 2014”. *Poster al III Encuentro Nacional de Investigación en Enfermedades Infecciosas y Medicina Tropical, Centro de Investigación en Enfermedades Infecciosas (CIEI), Universidad Católica del Ecuador*.
- [42] Ministerio de Salud Pública del Ecuador. 2014. “Se presenta caso importado de chikungunya en Ecuador”. <http://www.salud.gob.ec/se-presenta-caso-importado-de-chikungunya-en-ecuador/>.
- [43] Vieira, J.; Brackenboro, L.; Porter, C.; Basañez, M.; Collins, R. 2005. “Spatial and temporal variation in biting rates and parasite transmission potentials of *Onchocerciasis* vectors in Ecuador”. *Trans Royal Soc. Trop Med Hyg*, 99:178–195.
- [44] La Hora Onco. 2010. “Periódico producido por el Programa de la eliminación de la Oncocercosis en Ecuador (PNEO-E)”. *Impreso en colaboración con el Programa para la Eliminación de la Oncocercosis en las Américas (OEPA)*.
- [45] Le Pont, F.; Leon, R.; Guerrini, F.; Gantier, J.; Mouchet, J.; Echeverria, R.; Guderian, R. 1994. “Leishmaniose en Equateur. 3. *Lutzomyia trapidoi*, vecteur de *Leishmania panamensis*”. *Ann. Soc. belge Med. Trop*, 74:23–28.
- [46] Manock, S.; Jacobsen, K.; De Bravo, N.; Russell, K.; Negrete, M.; Olson, J.; Sanchez, J.; Blair, P.; Smalligan, R.; Quist, B.; Espín, J.; Espinoza, W.; MacCormick, F.; Fleming, L. 2009. “Etiology of acute undifferentiated febrile illness in the Amazon basin of Ecuador”. *Am J Trop Med Hyg*, 81(1):146–151.
- [47] Okumu, F.; Kiware, S.; Moore, S.; Killeen, G. 2013. “Mathematical evaluation of community level impact of combining bed nets and indoor residual spraying upon malaria transmission in areas where the main vectors are *Anopheles arabiensis* mosquitoes”. *Parasites & Vectors*, 6:17.
- [48] Ávila, G.; Araujo, R.; Leontsini, E.; Orellana, G.; y Fernández, E. 2012. “Un programa escolar para el control del dengue en Honduras: del conocimiento a la práctica”. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 31(6): 518–522.