

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO INTERNACIONAL EN CONSERVACIÓN Y MANEJO DE VIDA SILVESTRE

**INTERACCIÓN ENTRE PAISAJE, CONDICIÓN SOCIO-ECONÓMICA Y LA
PRESENTACIÓN DE LEISHMANIASIS Y ENFERMEDAD DE CHAGAS EN LA REGIÓN
HUETAR ATLÁNTICA, COSTA RICA**

Rosa María Viviana Gómez-Carrillo

Heredia, Costa Rica

2017

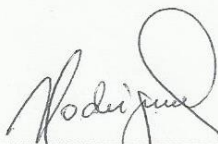
Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador de Posgrado de la Universidad Nacional para optar al grado de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre

**INTERACCIÓN ENTRE PAISAJE, CONDICIÓN SOCIO-ECONÓMICA Y LA
PRESENTACIÓN DE LEISHMANIASIS Y ENFERMEDAD DE CHAGAS EN LA REGIÓN
HUETAR ATLÁNTICA, COSTA RICA**

Rosa María Viviana Gómez-Carrillo

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador de Posgrado de la Universidad
Nacional para optar al grado de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida
Silvestre

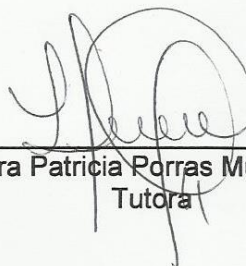
Miembros del Tribunal Examinador



José Rodríguez Zelaya M.Sc.
Presidente del Consejo Central de Posgrado



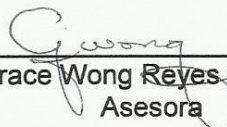
Mónica Retamosa Izaguirre Ph.D.
Representante de la Dirección del ICOMVIS



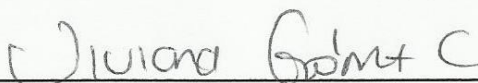
Laura Patricia Porras Murillo Ph.D.
Tutora



Manuel Spínola Parallada Ph.D.
Asesor



Grace Wong Reyes Ph.D.
Asesora



Rosa María Viviana Gómez Carrillo
Sustentante

RESUMEN

La Región Huetar Atlántica y en general Costa Rica exhibe las condiciones de paisaje y humanas para la presentación de enfermedades tropicales. Dichas condiciones han variado a nivel espacio-temporal especialmente por actividades antrópicas y por fenómenos climáticos. Es por lo anterior que el propósito de esta investigación fue evaluar la asociación entre variables ecológicas y socio-económicas a nivel espacio-temporal sobre el número de casos de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas en la población humana de la Región Huetar Atlántica, Costa Rica. Para esto, se evaluó la incidencia de las dos enfermedades a nivel espacio-temporal por medio del uso de SIG.

Posteriormente, se buscó asociaciones entre la presentación de las enfermedades y el fenómeno de La Niña y El Niño. Además, se modeló la pérdida de cobertura vegetal y otras variables ecológicas asociándolas a la incidencia de la Leishmaniasis y por último sobre la información ecológica de los vectores *Triatoma dimidiata* y *Panstrongylus geniculatus* se modeló su distribución geográfica usando las variables temperatura, precipitación, relieve y la presencia de estos vectores. Se obtuvo como resultados la mayor incidencia de Leishmaniasis en la década del 80 y en el año 1984 el pico máximo de casos alcanzando 2694 positivos a la enfermedad a nivel nacional, concordando con el momento de mayor pérdida de cobertura boscosa en Costa Rica y, por tanto, cambio en las variables ecológicas. Para esta misma década se reportó el pico más alto en el cambio de temperatura del Fenómeno de La Niña. Las condiciones socioeconómicas de la Región Huetar Atlántica son desfavorables en comparación con el resto del territorio nacional, en ese sentido, se encontró que a mayor índice de desarrollo humano menor incidencia de Leishmaniasis y a mayor desigualdad, medido por el Índice de Gini, mayor incidencia de la enfermedad. Por los resultados obtenidos se puede considerar que la conservación de áreas boscosas y las estrategias para la adaptación al cambio climático, mantendrá los vectores de enfermedades selváticas dentro de las áreas naturales evitando contagio de estas enfermedades en humanos; en este sentido, la permanencia de esos vectores en las áreas boscosas podría pensarse como otro servicio ecosistémico que prestan las zonas protegidas.

Palabras clave: ecología de enfermedades, fenómeno de EL Niño/ La Niña, *Lutzomya*, *Triatomas*, Costa Rica.

ABSTRACT

The Huetar Atlantica Region and in general Costa Rica exhibits the landscape and human conditions for the presentation of tropical diseases. These conditions have varied at the space-temporal level especially by anthropic activities and by climatic phenomena. Therefore, the purpose of this research was to evaluate the association between ecological and socio-economic variables at the space-temporal level was evaluated using GIS. Subsequently, associations were sought between the presentation of the diseases and the phenomenon of La Niña and El Niño. In addition, modeling the loss of vegetation cover and other ecological variables associated with the incidence of Leishmaniasis and lastly on the ecological information of the vectors. *Triatoma diademata* and *Panstrongylus geniculatus* model their geographic distribution using the variables temperature, precipitation, relief and presence of these vectors. As a result, the highest incidence of Leishmaniasis in the 80's and in 1984 the maximum peak of cases reaching 2694 positive to the disease at national level, coinciding with the time of greatest loss of forest cover in Costa Rica and, for Both, change in ecological variables. For the same decade, the highest peak in the temperature change of the La Niña Phenomenon was reported. The socioeconomic conditions of the Huetar Atlantica Region are unfavorable compared to the rest of the national territory, in that sense, it was found that the higher the human development index the lower the incidence of Leishmaniasis and the greater inequality, by the Gini Index, higher incidence of the disease. By the results obtained, it can be considered that the conservation of forested areas and the strategies for the adaptation to the climatic change, will maintain the vectors of forest diseases within the natural areas avoiding contagion of these diseases in humans; In this sense, the permanence of these vectors in forested areas could be thought of as another ecosystem service provided by protected areas.

Keywords: El Niño/Niña phenomenon, Ecology of diseases, *Lutzomya*, *Triatomas*, Costa Rica.

AGRADECIMIENTOS

El irme a otro país a cumplir con un sueño de conocimiento y vivencia ha sido una de las mejores decisiones que he tomado en mi vida profesional y personal, y como en todo sueño no se logra con una sola persona, sino con la ayuda y apoyo de muchas personas. Agradezco al ICOMVIS y al U.S. Fish and Wildlife Service por la beca para cumplir con este sueño. Debo agradecer a mi mamá, Rosa Carrillo, y a mi papá, Ignacio Gómez, (q.e.p.d.) quienes con su ejemplo y entereza hicieron de mí la persona que soy, además de todos los sacrificios que han hecho por mí. A mis hermanos Eduardo Gómez y Carolina Gómez por su apoyo incondicional, tanto anímica como económicamente. A mi novio y prometido Fredy Pacheco, porque sin su ánimo y aliento no habría podido lograr finalizar este documento. A mis amigos y compañeros de promoción, Natalia Carrillo, Dani Rivera, Camilo Loaiza, Karime Unda, Stephany Arroyo, Laura Berrondo, Yaisoleth Canto y Manuel Méndez, quienes me brindaron mucho de su saber y apoyaron cada paso en que los necesité. A Francisco Morazán que, si bien terminó con otra promoción, siempre será de la XXII. A Leticia Berrondo, por el apoyo ilimitado e incalculable. A los chicos de la promo XXIII, en especial a Celin Guevara y Diego Gutiérrez porque jamás dejaron de creer en mí. Asimismo, a Consuelo González, Guillermo Granados y Ludy Villamil porque su ayuda fue determinante en este proceso que a veces se torna complejo.

Quiero agradecer especialmente a la Profesora Laura Porras porque creyó en este tema, en esta idea y en mí, desde que iniciamos con este proyecto. Sé que no es un tema fácil ni común, pero gracias Profe por ver más allá de los que muchos ven. Un agradecimiento especial a mis asesores Grace Wong y Manuel Spínola, cada una de sus palabras y correcciones mejoraron incalculablemente este documento. Por último, pero no por eso menos importante, quiero agradecer al Profesor Alekcey Chuprine, su ayuda, sus consejos y guía, además de su apoyo en el proceso de creación de esta investigación fue definitiva para que al desarrollarla el documento tuviera una connotación que va más allá de la biología y llegue a tocar más cerca a los procesos de conservación vista desde un punto multidisciplinario.

DEDICATORIA

A mi papá que desde un lugar no corpóreo me acompaña en cada uno de los mementos importantes de mi vida.

A mi mamá que me muestra la vida como un sueño.

A mis hermanos porque esto es reflejo de los dos grandes espejos que son.

A mis sobrinas, Fernanda y Camila, porque el mundo es más que cemento, el mundo es un lugar lleno de vida.

A Fredy, no importan las dificultades todo se logra con constancia y esfuerzo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
ÁREA DE ESTUDIO	8
MÉTODOLOGÍA.....	11
Selección de agentes patógenos.....	11
Recolección de datos, obtención de las incidencias e Índice de Desarrollo Humano ...	11
Incidencia espacio-temporal de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas.....	12
Modelación de las enfermedades zoonóticas y el paisaje	13
Modelación de la distribución de la Enfermedad de Chagas	13
Análisis de datos	17
RESULTADOS	19
Incidencia espacio-temporal de la Leishmaniasis.....	19
Interacción con el paisaje	22
Pobreza y presentación de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas	24
Modelación de la distribución de <i>Triatoma dimidiata</i> y <i>Panstrongylus geniculatus</i>	26
DISCUSIÓN.....	29

Incidencia espacio-temporal.....	29
Interacción en el paisaje.....	30
Distribución de triatomos.....	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
LITERATURA CITADA	37
ANEXOS.....	50

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Resumen estadístico descriptivo de los casos y tasas (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis en la Región Huetar Atlántica a partir del año 2005 hasta el 2015. DE: desviación estándar. 19
- Cuadro 2.** Prevalencia de la Enfermedad de Chagas en donantes de sangre en Costa Rica en los años 2003 al 2012..... 20
- Cuadro 3.** Resumen estadístico descriptivo de los casos y la seroprevalencia detectada en donantes de sangre de la Enfermedad de Chagas en Costa Rica, 2003-2012. DE: desviación estándar..... 21
- Cuadro 4.** Resumen estadístico de la tasa de incidencia de Leishmaniasis, el índice de Desarrollo Humano (IDH) y Coeficiente de Gini en la Región Huetar Atlántica (RHA) y Costa Rica (CR), 2005 al 2015. 24
- Cuadro 5.** Resumen estadístico descriptivo de los casos y tasas (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis en Costa Rica a partir del año 1973 hasta el 2015. DE: desviación estándar. 51

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación de los Cantones dentro del Área Huetar Atlántica, Costa Rica.
Fuente: Modificado del Atlas de Costa Rica (2008) 8
- Figura 2.** Omisión del aprendizaje, omisión de la prueba y área predicha de *Triatoma dimidiata* en Costa Rica, curva dada por MaxEnt..... 15
- Figura 3.** Curva operacional (ROC) en la predicción de *Triatoma dimidiata* en Costa Rica, gráfica dada por MaxEnt..... 15
- Figura 4.** Omisión del aprendizaje, omisión de la prueba y área predicha de *Panstrongylus geniculatus* en Costa Rica, curva dada por MaxEnt..... 16
- Figura 5.** Curva operacional (ROC) en la predicción de *Panstrongylus geniculatus* en Costa Rica, gráfica dada por MaxEnt..... 17
- Figura 6.** Relación temporal entre el número de casos y tasa (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis en la Región Huetar Atlántica, Costa Rica 2005-2015.... 19
- Figura 7.** Relación temporal entre el número de casos y tasa (casos/100.000 habitantes) de incidencia de la Enfermedad de Chagas en la Región Huetar Atlántica, Costa Rica 2005-2015. 20
- Figura 8.** Distribución espacial de Leishmaniasis en la Región Huetar Atlántica, Costa Rica 2005 - 2015. La escala muestra el número de casos en el área de estudio..... 21
- Figura 9.** Presentación de Leishmaniasis en los años 2005 al 2015 según el Uso de Suelo dentro de la Región Huetar Atlántica (RHA), Costa Rica. 22
- Figura 10.** Casos positivos de Leishmaniasis y grados centígrados de variación de ENOS en Costa Rica en los años 1974 a 2015..... 23
- Figura 11.** Casos positivos de Enfermedad de Chagas y grados centígrados de variación de ENOS en Costa Rica en los años 2003 a 2012..... 23

- Figura 12.** Gráfica de los efectos de la tasa (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis y el Coeficiente de Gini en la RHA..... 24
- Figura 13.** Gráfica de los efectos de la tasa (casos/ 100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis y el Índice de Desarrollo Humano en la RHA (IDHRHA) 25
- Figura 14.** Gráfica de los efectos de los casos de la Enfermedad de Chagas y el Coeficiente de Gini en la RHA 25
- Figura 15.** Gráfica de los efectos de los casos de la Enfermedad de Chagas y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) en la Región Huetar Atlántica..... 26
- Figura 16.** Mapa de la probable distribución de *Panstrongylus geniculatus* basado en variables climáticas en Costa Rica obtenidos mediante el algoritmo Maxent. En la escala 1 significa alta probabilidad de presencia y 0 baja probabilidad de presencia..... 27
- Figura 17.** Mapa de la probable distribución de *Triatoma dimidiata* basado en variables climáticas en Costa Rica obtenidos mediante el algoritmo Maxent. En la escala, 1 significa alta probabilidad de presencia y 0 baja probabilidad de presencia..... 28
- Figura 18.** Distribución espacial de Leishmaniasis en Costa Rica, años 2005 - 2015. La escala muestra el número de casos en todo el territorio nacional, en donde amarillo es 0 casos y rojo escarlata es la mayor incidencia de casos. 50
- Figura 19.** Relación temporal entre el número de casos y tasa (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis a nivel nacional, Costa Rica 1973-2015. 52
- Figura 20.** Presentación de Leishmaniasis en los años 2005 al 2015 según el Uso de Suelo en Costa Rica. 53
- Figura 21.** Distribución espacial de los casos de Leishmaniasis en Costa Rica en los años 2005 a 2015..... 54

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Presencia espacio-temporal de leishmaniasis en Costa Rica (2005-2015)	50
ANEXO B. Incidencia de leishmaniasis en Costa Rica (1973-2015).....	51
ANEXO C. Asociación uso de suelo y la presentación de leishmaniasis en Costa Rica ..	53
ANEXO D. Distribución espacial de leishmaniasis en Costa Rica (2005-2015).....	54

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 75% del total de las enfermedades que han emergido en las últimas dos décadas tienen origen en una fuente que involucra animales silvestres (Taylor *et al.* 2001; Woolhouse y Gowtage-Sequeria 2005). Se han realizado investigaciones sobre enfermedades zoonóticas en animales o en humanos (Gillespie y Chapman 2006, Weiss 2001, Holmes 1996, Combes 1996, Van Riper *et al.* 1986), pero muy pocas se han realizado en conjunto para comprender el verdadero alcance eco-epidemiológico de las enfermedades zoonóticas a causa de la pérdida de hábitat (Delgado *et al.* 1994, Nupp y Swihart 1998, Ostfeld y Keesing 2000, Delgado *et al.* 2000, Allan *et al.* 2003).

Los factores que influyen en la emersión de enfermedades incluyen cambios ecológicos por desarrollo económico y uso de suelo, crecimiento demográfico, comercio y movilización internacional de las personas, cambios tecnológicos e industriales, globalización, cambio y adaptación microbial, entre otros (Morse 1995). En ese sentido, el movimiento antrópico, propio del desarrollo social, hace que personas no inmunocompetentes ingresen a áreas endémicas, elevando la prevalencia de las enfermedades emergentes y reemergentes (Oumeish 1999 y Jaramillo-Antillón *et al.* 2009).

Las enfermedades emergentes, de origen infeccioso, son causadas por nuevos patógenos o patógenos que han aumentado su incidencia, distribución geográfica (Daszak *et al.* 2000) y se presentan por la susceptibilidad y la invasión de nuevos huéspedes, así como cambios ecológicos que favorecen al patógeno (Heide-Jorgensen *et al.* 1992, Dobson y Foufopoulos 2001).

Los desbalances en los procesos ecosistémicos naturales desencadenan brotes epidémicos como Malaria, Dengue, Leishmaniasis, Oncocercosis, Lepra, Enfermedad de Chagas, Leptospirosis y diferentes rickettsiosis que usan vectores, ya que el aumento de especies invasoras que sirven como vectores o como reservorios, permiten la presentación de dichas enfermedades (Zavala-Velázquez *et al.* 1999, Peterson *et al.* 2002). Los vectores de la Malaria asocian su presencia con características propias del paisaje, por lo que mantener áreas naturales evita la propagación de éstos (Delgado *et al.*

1994 y Delgado *et al.* 2000). Asimismo, la presencia de patógenos bacterianos como *Bartonella* spp. o virales como hantavirus parece ser favorecida en paisajes fragmentados por invasiones humanas, gracias a que la estructura del paisaje afecta la presencia de especies de roedores portadores de dichas patologías (Morand *et al.* 2015). Es por esto, que la coexistencia de vectores, animales reservorios y el ingreso del hombre al ciclo biológico de los patógenos, llevan a la consecuente adquisición de la infección (Levy y Marshall 2004).

La pérdida de la diversidad, la destrucción de los ecosistemas, el cambio del uso de suelo y la contaminación pueden provocar impactos ecológicos y epidemiológicos impredecibles (Balvanera y Cotler 2009). En ese sentido, se cree que una mayor riqueza de especies silvestres disminuye el riesgo de patógenos para los humanos, asimismo se entiende que las interacciones entre huésped y vectores silvestres se mantienen al conservar la biodiversidad (Díaz *et al.* 2005).

Johson y Thieltges (2009) concluyeron que en comunidades biológicas con baja diversidad y dominadas por especies altamente competentes, se maximiza la transmisión de los patógenos, mientras que en comunidades diversas interfieren con la transmisión de los parásitos por lo que se reduce el riesgo de enfermedad a un huésped focal. En ese sentido, se considera que tener alta biodiversidad mantiene una alta oferta de hospederos para los vectores y esto disminuye la probabilidad de que el humano sea parasitado.

Los factores climáticos, geográficos y ecológicos, propios de un paisaje, permiten la existencia de enfermedades infecciosas, manteniendo un foco dinámico permanente en una comunidad dentro de un área geográfica específica (Cabello y Cabello 2008), a lo que se le conoce como la teoría de los focos naturales de Pavlovski. De esta manera, si interviene alguna alteración del equilibrio ecológico del ecosistema, los reservorios silvestres de la enfermedad tienen el potencial de modificar la nidalidad y, por lo tanto, alterar su epidemiología (Tabor 2002). La facilidad con que se transmite un microorganismo está determinada por la diversidad de especies, donde a mayor número de especies el riesgo de contagio para el humano será menor por la transferencia y la interferencia de transmisión como postula la hipótesis del efecto de dilución (Norman *et al.* 1992, Randolph y Dobson 2012).

Esto sugiere que los patrones en la presentación de las enfermedades zoonóticas por la fragmentación de hábitat, varía según la permeabilidad de la matriz paisajística (Gillespie y Chapman 2006), y la pérdida repentina de hábitat genera movilizaciones de las especies que contenía, emigrando con los patógenos asociados (Medina-Vogel 2010). De esta forma, llegan a los asentamientos humanos que se encuentran cerca del área perturbada.

La alteración del hábitat varía la dinámica huésped-patógeno entre especies silvestres y entre especies silvestre-humanas (McCallum y Dobson 2002, Romaña *et al.* 2003). Asimismo, dicha alteración permite mayor contacto entre humanos, animales domésticos y animales silvestres, acrecentando el riesgo de transmisión de enfermedades (Harvell *et al.* 1999, Daszak y Cunningham 2002, Randolph y Dobson 2012, Wood *et al.* 2014). Bajo esta óptica, se han identificado epidemias que diezmaron de forma dramática las poblaciones de fauna, tales como el parvovirus en leones, micosis en anfibios y distemper en focas y leones (Fowler y Miller 1999, Daszak y Cunningham 2002, Mudrovici 2006, Guiserix *et al.* 2007).

Las enfermedades que son de origen selvático responden a factores ecológicos que modifican su presentación espaciotemporal, y dependen de los atributos de las comunidades o poblaciones naturales, en donde la riqueza, diversidad y abundancia permiten fluctuaciones de los patógenos, llevando a nuevos casos en animales y humanos (Fernández 2012). A nivel nacional, se han tenido experiencias de reemergencias de enfermedades vectoriales, como es el caso del Dengue, patógeno que se creía erradicado en 1960, gracias al control del vector *Aedes aegypti*. Sin embargo, para 1993 se detectó de nuevo (WHO 1994, Pinheiro 1997). Siendo así, la Leishmaniasis y la Enfermedad de Chagas son enfermedades que tienen orígenes selváticos y que se han convertido en problemas en las zonas periurbanas (OMS 2007).

La Leishmaniasis es un problema de salud pública que afecta a la población humana de 88 países de zonas intertropicales y templadas (22 países son de Nuevo Mundo y 66 de Viejo Mundo), pero solo 40 países tienen reporte obligatorio, conllevando a que se estimen 2 millones de casos nuevos a nivel mundial por año, declarándose sólo 600.000 oficialmente, mientras que la prevalencia está cercana a los 12 millones de enfermos con una población en riesgo de 350 millones (World Health Organization 2000). En Costa Rica, se han identificado varios flebótomos posibles transmisores de *Leishmania spp* en todas

las subregiones del país (Zeledón *et al.* 1977). La adaptación de los vectores, a las zonas periurbanas y urbanas, es la característica más importante en los estudios eco-epidemiológicos de Leishmaniasis. Además, se ha reportado a la *Lutzomyia ylephiletor* con hábitos antropófilos y como el principal vector de la *Leishmania panamensis* (Zeledón *et al.* 1985).

A nivel nacional la Leishmaniasis tiene una alta incidencia y su distribución geográfica muestra la presencia de esta enfermedad en casi en todo el territorio nacional (Ministerio de Salud, 2016). Se tiene reportes desde la década de los 40 (Hidalgo *et al.* 1987) como posibles inicios de los problemas en salud pública. En el cantón de Acosta, alrededor de las casas, se han realizado repetidas capturas de hembras de *Lutzomyia* grávidas y con ingesta de sangre (Murillo y Zeledón 1985). Asimismo, Rojas *et al.* (1998) hacen referencia a la transmisión domiciliar por un cambio epidemiológico de la enfermedad en algunas regiones del país. La región Huetar Atlántica es la que muestra mayor incidencia de enfermedades de tipo zoonótico que usan vector para su ciclo de vida (Ministerio de Salud, 2016).

La Enfermedad de Chagas se reportó por primera vez en 1941 en Costa Rica (Billow 1941), pero su incidencia y prevalencia son inexactas porque clínicamente es difícil de diagnosticar al confundirse con otras cardiopatías. Entre los años 2004 al 2012, se encontraron 462 casos positivos en donantes de sangre (Ministerio de Salud Costa Rica 2014b), demostrando los problemas de diagnóstico en el país. El principal vector de Chagas en Costa Rica es el *Triatoma dimidiata* (OPS 2000), el cual, se distribuye en México, Guatemala, Honduras, Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú (WHO 1991). Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2 000msnm, tanto en el Atlántico como en el Pacífico, en diferentes hábitats naturales y zonas artificiales asociándose a reservorios silvestres y peridomiciliares exhibiendo variados grados de antropofilia (Zeledón 1981, Panzera *et al.* 2006 y Menes 2009). A nivel nacional el vector *Triatoma diademata* tiene una distribución desde el nivel del mar hasta los 1.700 msnm, poniendo en riesgo la zona central del país (Zeledón *et al.* 2007).

La morbi-mortalidad (especialmente en áreas rurales y suburbanas) de la Enfermedad de Chagas se ve afectada por el ámbito social y económico, ya que las condiciones

socioeconómicas afectan directamente la calidad de vida de las personas y se considera que esto influye sobre la epidemiología y la carga de enfermedades transmisibles (Hobdel *et al.* 1999 y Dedet *et al.* 1991). El IDH (Índice de desarrollo humano) que permite medir la calidad de vida en los países desarrollados, subdesarrollados o en vía de desarrollo, es un factor determinante en la presentación de enfermedades emergentes y reemergentes (Morse, 1995). De ahí, que Chagas afecte a cerca de 8 millones de personas; existen 64 millones con riesgo de contagio y se cuentan 21 países endémicos, de los cuales 17 son latinoamericanos (Ghul 2006). En el medio natural, se sabe que “*existe hace miles de años en una relación continua y autosostenida entre los parásitos, los vectores y los reservorios en los animales*” (Abad-Franch 2007).

Existen factores eco-epidemiológicos que pueden determinar la distribución de estos insectos porque están restringidos a sitios tropicales y subtropicales en el hemisferio occidental, por lo tanto, no se encuentran en las áreas paleártica y etiópica, siendo América del Sur la zona con mayor diversidad de la subfamilia Triatominae (Gorla *et al.* 1997). Costa Rica, comparte algunas características con América del Sur por encontrarse en la zona intertropical, existiendo radiación solar durante todo el año, lo que permite estabilidad climática para la presencia de los vectores. Se conoce que las especies de Triatominos con poblaciones silvestres domiciliadas, son un gran riesgo en los programas de salud para controlar el Enfermedad de Chagas, ya que pueden retornar a las áreas controladas gracias a sus poblaciones silvestres (Angulo 2006 y Agudelo 2006).

En Costa Rica los primeros casos presentes en humanos se reportaron en el año 1941 (Billow 1941). En cuanto a prevalencias, Zeledón (1952), Chinchilla y Montero-Gei (1968) y Zeledón *et al.* (1975), reportan que antes de 1980 las cifras varían de 5,6%, 14,5% y 11,7% respectivamente. En cuanto al vector domiciliario descrito en Costa Rica (*Triatoma dimidiata*), se conocen cifras del orden 42,2% (Zeledón *et al.* 1975) y 34,6% (Chinchilla y Montero-Gei 1967). Sin embargo, no se conocen encuestas epidemiológicas completas en Costa Rica para la Enfermedad de Chagas, por lo que las autoridades ambientales concluyeron que esta parasitosis no es importante en el país (Chinchilla *et al.* 2006). No obstante, la ocurrencia de posibles reservorios de la Enfermedad de Chagas se determinó por modelos espaciales en zonas de México donde no se tenía información de la presencia de estos, suponiendo la asociación entre reservorios y patógenos (Peterson *et al.* 2002).

Muñoz *et al.* (2010) determinaron que, en áreas de bosque, la abundancia y riqueza de mosquitos es mayor a la de áreas intervenidas cerca al bosque, dentro de los cuales, cuatro especies de mosquitos se identificaron como vectores. Esto apoya la hipótesis de que, a mayor actividad antrópica dentro de las áreas naturales, mayor es el riesgo epidemiológico de sufrir enfermedades infecciosas, además de llevar a conductas antropofílicas de los vectores que mantenían un ciclo selvático. Por lo descrito, la presente investigación se propuso evaluar la asociación entre variables ecológicas y socio-económicas a nivel espacio-temporal y el número de casos de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas en la población humana de la Región Huetar Atlántica, Costa Rica.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la asociación entre variables ecológicas y socio-económicas a nivel espacio-temporal con el número de casos de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas en la población humana de la Región Huetar Atlántica, Costa Rica.

Objetivos específicos

1. Determinar y analizar la incidencia espacio-temporal de la Leishmaniasis y la Enfermedad de Chagas en la Región Huetar Atlántica, Costa Rica.
2. Evaluar las variables uso de suelo, temperatura, precipitación, elevación y contexto socio-económico con la incidencia de la Leishmaniasis en la población humana de la Región Huetar Atlántica, Costa Rica.
3. Determinar el área de distribución de *Trypanosoma cruzi* en Costa Rica.

ÁREA DE ESTUDIO

Costa Rica se divide en Regiones de Planificación o Socioeconómicas: Central, Pacífico Central, Chorotega, Huetar Atlántica, Huetar Norte y Brunca (Decreto Ejecutivo N° 7944 de 1978). Además, está dividida en once Áreas de Conservación y una Sede Central, conformando el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC); este, “es un sistema descentralizado y participativo que integra las competencias en materia forestal, de vida silvestre y áreas protegidas, buscando la planificación y ejecución de los procesos de sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales del país” (MINAET 1998). La Región Huetar Atlántica se encuentra ubicada en el extremo oriental de Costa Rica, entre los 9°05' y 10°56' latitud norte y los 82° 33' y 83°57' de longitud oeste. Limita al norte con Nicaragua, por el Río San Juan, al sur con la Cordillera de Talamanca, al este con el Mar Caribe y al oeste con el río Chirripó, al sureste limita con Panamá y límite político de Limón con Heredia, Cartago y Puntarenas. Dentro de su territorio se encuentra la provincia de Limón por completo con sus cantones: Siquirres, Talamanca, Pococí-Sarapiquí, Matina, Sixaola y Barra del Colorado. Tiene una extensión de 9.188,52 km², representando el 17,98% del territorio nacional (Figura 1, Marín *et al.* 2009).

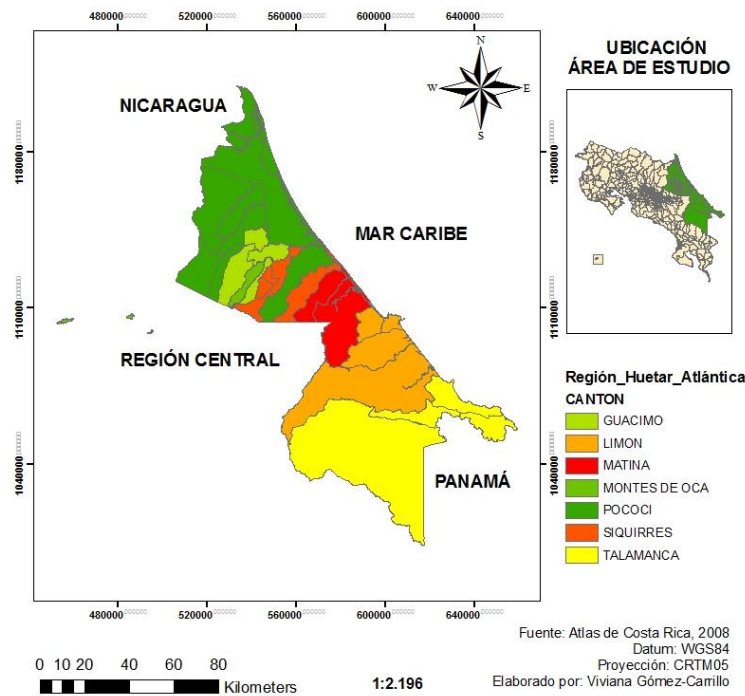


Figura 1. Ubicación de los Cantones dentro del Área Huetar Atlántica, Costa Rica.
Fuente: Modificado del Atlas de Costa Rica (2008)

Cuenta con territorios de áreas protegidas del Parque Nacional Cahuita, Refugio Natural de Vida Silvestre Gandoca Manzanillo, Reserva Biológica Hitoy Cerere, Parque Nacional Barbilla, Refugio Natural de Vida Silvestre Palustino Limoncito, Zonas protectoras de los ríos Banano, Pacuare y Siquirres, Territorios indígenas Bribri, Cabécar y Kékoldi, Parque Internacional La Amistad Caribe y Parque Nacional Tortuguero. Según el Plan Regional de Competitividad Territorial (2011), el relieve es llano y cuenta con numerosos ríos y caños que comunican con la red de los canales de Tortuguero, presenta bosque tropical húmedo y las elevaciones llegan hasta 3.819 msnm donde la temperatura baja a menos de cero grados en la época seca (Cordillera de Talamanca) y la temperatura promedio anual es de 25,5°C, las marcas históricas oscilan entre 15°C y 35°C. Además, la Región Huetar Atlántica cuenta con diferentes Zonas de Vida, según la clasificación de Holdridge: Bosque Muy Húmedo Tropical, Bosque Muy Húmedo Premontano y Bosque Húmedo Tropical (Woodbridge 2006).

La base económica de la región se fundamenta en las exportaciones agrícolas, representando el 45% de la economía de la Región Huetar Atlántica, siendo el cultivo de banano es el más representativo (80% de la producción nacional, para este cultivo). El recurso marítimo es aprovechado por medio de los muelles, movilizándolo el 74% del comercio exterior del país. El empleo sectorial varía entre industria (9,5%), sector agropecuario (38,9%) y el comercio y servicios (51,6%), siendo el más representativo por la cercanía a los Parques Nacionales, los cuales permiten manejos ecoturísticos (INEC, 2016).

Los niveles educativos muestran alta deserción en primaria y repitencia en estos mismos grados, los índices son mayores que los del resto del país. Además, la tasa de alfabetización, educación secundaria y educación primaria están por debajo que las reportadas a nivel nacional. En cuanto a las Necesidades Básicas Insatisfechas, el acceso a los servicios públicos en la región se encuentra por debajo de la cobertura a nivel nacional. Además de ser un problema sanitario por el acceso limitado a agua potable en algunos sitios, la pobreza en el área de estudio es una de las más altas del país (Plan Regional de Competitividad Territorial 2011, INEC, 2016).

Comparativamente, la pobreza extrema en Costa Rica es del 6,1% y la del área de estudio es de 5,7%, influyendo directamente sobre el uso de los recursos naturales por parte de las personas que se encuentran dentro de este rango. En cuanto a la pobreza, la

región presenta un 20,6% y la nacional es del 23,6%. Es preocupante la tasa de desempleo en la zona (6,6%), mostrándose muy cerca de la nacional (6,8%).

La distribución del uso de suelo predomina el bosque natural (67,7%), sin embargo, no es posible por medio del INEC conocer el estado de este bosque. Los pastos (19,9%), los cultivos permanentes (8,6%) y los cultivos estacionales (4%) son los otros usos que les dan al suelo los habitantes del área de estudio (INEC, 2016). El Coeficiente de Gini, que mide desigualdad socioeconómica, es medido entre 0 y 1, para la RHA en Costa Rica se reporta cercano a 0,4 (Banco Mundial, 2016).

MÉTODOLOGÍA

Esta investigación fue ecoepidemiológica, la cual involucró los procesos epidemiológicos y ecológicos. En ese sentido, se buscó relacionar los factores ambientales y sociales (Díaz, 2011, Olsen *et al.* 2010) para conocer esta interacción con la presentación de Leishmaniasis y de la Enfermedad de Chagas, ente los años 2005 a 2015.

Selección de agentes patógenos

Se priorizó a partir de las listas de vigilancia epidemiológica del Instituto Nacional de Estadística y CENOS de Costa Rica, del Área de Estadística en Salud de la Caja Costarricense de Seguro Social (C.C.S.S.) y del Ministerio de Salud, escogiendo dos enfermedades vectoriales: Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas, que cuentan con ciclo selvático y ciclo urbano, de alto grado en salud pública y con mayor número de casos, o nombradas por la OMS como de importancia epidemiológica en América Latina. Los datos obtenidos fueron consignados en una base de datos por medio de una tabla dinámica de Microsoft Excel® (2015), creada para este fin.

Recolección de datos, obtención de las incidencias e Índice de Desarrollo Humano

Se utilizaron datos tomados entre 2005 y 2015, se analizaron por décadas para facilitar el manejo de estos. Las fuentes de datos fueron:

- ❖ Boletines epidemiológicos semanales del Centro de Información del Ministerio de Salud de Costa Rica: casos reportados de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas, desde 2005 hasta 2015
- ❖ Boletines de la OMS y OPS: índice de Desarrollo Humano y estado actual de las dos enfermedades desde el 2005 hasta el 2015.
- ❖ Artículos científicos en bases de datos especializadas: incidencia de Leishmaniasis en Costa Rica y prevalencia de Enfermedad de Chagas en Costa Rica desde el año 1970 hasta 2015.
- ❖ Instituto Nacional de Estadística y CENOS de Costa Rica: estado socioeconómico (IPH, NBI, IDH, Coeficiente de Gini) y de salud de Costa Rica a nivel nacional, cantonal y distrital desde el año 2005 hasta el 2015.

- ❖ El Área de Estadísticas en Salud de la C.C.S.S: estadísticas de los casos de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas en Costa Rica desde 2005 hasta el 2015
- ❖ Cartografía básica a escala 1:10000 o 1:25000 del Instituto Geográfico de Costa Rica y del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del ICOMVIS de la Universidad Nacional de Costa Rica.
- ❖ Adicionalmente, se revisaron los datos de ENOS para verificar fenómeno de El Niño y de La Niña, desde el año 1974 hasta el 2015.

Se revisaron el número de casos reportados en los boletines epidemiológicos del Ministerio de Salud, OMS, OPS y artículos del tema obteniendo la cantidad de casos de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas. Para la Leishmaniasis, se usaron los datos poblacionales desde 1973 (primeros reportes encuestados) hasta el 2015, exceptuando los años de 1987 hasta 1993, ya que no se tienen todos los datos para obtener la incidencia de la enfermedad. En cuanto a la Enfermedad de Chagas, se usaron datos reportados a partir de 2003 y hasta 2015, los cuales, en su mayoría se obtuvieron del Área de Estadística en Salud de la C.C.S.S.

Incidencia espacio-temporal de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas

Se tomaron los datos de incidencia de las enfermedades del estudio a partir de 2005 al 2015 en la Región Huetar Atlántica para analizar la posible existencia de patrones espacio-temporales en la presentación de Leishmaniasis y la Enfermedad de Chagas. Para esto, se graficó el promedio de años de presentación los casos de Leishmaniasis y tasas de presentación anual/ 100.000 habitantes. Así mismo, tanto para Leishmaniasis como para la Enfermedad de Chagas se describieron los datos con estadística descriptiva: mediana, media, desviación estándar, mínimo y máximo.

Posteriormente, se usó la capa digital "Cantones 2008" contenida en el Atlas de Costa Rica 2008 (Ortiz 2009), con la proyección geográfica Costa Rica Transversal de Mercator 2005 (CRTM05) y las coordenadas World Geodetic System 84 (WGS84), en el software Arcview GIS 3.3 (ESRI 2002), en la que se graficó la presentación anual de Leishmaniasis en el área de estudio.

Modelación de las enfermedades zoonóticas y el paisaje

Se evaluó posibles asociaciones entre la presentación de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas con el uso de suelo. Para esto, se empleó la capa “Uso de suelo” de Gruas II 2007 con la proyección geográfica Costa Rica Transversal de Mercator 2005 (CRTM05) con las coordenadas World Geodetic System 84 (WGS84). Se clasificaron los Usos de la tierra según el sistema de la Unión Geográfica Internacional (1976).

Las categorías son:

1. Áreas Urbanas y/o instalaciones gubernamentales y privadas
 - Centros poblados
 - Instalaciones de gobierno y/o privadas (carreteras, granjas, canales, establos, huacas)
2. Cultivos (terrenos con hortalizas, terrenos con huertos de frutas y otros cultivos perennes, terrenos con cultivos extensivos)
3. Bosque (primario, secundario e intervenido)
4. Charral
5. Suelo descubierto
6. Humedal
7. Manglar
8. Pasto y agricultura
9. Laguna
10. Páramo

Se usó la capa digital “Relieve 2008” y la capa “Precipitación 2008” del Atlas de Costa Rica 2008 (Ortiz 2009), con la proyección geográfica Costa Rica Transversal de Mercator 2005 (CRTM05) y las coordenadas WGS84, en el que se incluyeron las incidencias desde 2005 hasta las del 2015, observando posibles patrones de presentación. Para esto, se usó el software Arcview GIS 3.3 (ESRI 2002).

Modelación de la distribución de la Enfermedad de Chagas

Se revisaron 19 capas bioclimáticas (bio1-bio19) de Worldclim (2008) para Costa Rica, variables que son registros globales de temperatura y precipitación mensuales, estas capas no se encuentran de forma regional, sino un cuadrante que se ocupa del país completo. Se hizo una modelación con las capas bio1 (temperatura promedio anual), bio2

(media rango diurno: promedio mensual, temperatura máxima y temperatura mínima), bio3 (isotérmica), bio4 (estacionalidad de temperatura: desviación estándar X 100), bio 7 (rango temperatura anual) y bio 12 (precipitación anual). También se consideró la capa “Relieve 2008” del Atlas de Costa Rica 2008 (Ortiz 2009). Los datos de presencia de los vectores fueron obtenidos del InBio (Atta, 2016) y se usaron las dos especies más representativas en Costa Rica (*Triatoma dimidiata* y *Panstrongylus geniculatus*). No hay una base de datos de los vectores de *Leishmania sp* por lo que no se hizo modelación.

Se modeló la distribución de *Triatoma dimidiata* y *Panstrongylus geniculatus* con el algoritmo de máxima entropía, se tomaron los dos vectores con los que se contaban los datos georeferenciados de su presencia. Se usó el programa MaxEnt versión 3.3.3k (Philips *et al.* 2007). Se presenta la tasa de omisión de cada vector evaluado, la cual se calcula con el 10% de los datos totales. Para evaluar el modelo se utilizó el valor AUC (Area Under a Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve), el cual fue calculado y graficado por el mismo programa, permitiendo conocer la capacidad de discriminación del modelo, como lo indican Pearce y Ferrier (2000). La omisión sobre las muestras de prueba, se ubicaron debajo de la tasa de omisión predicha por MaxEnt, lo anterior porque para la predicción de presencia en *Triatoma dimidiata* se usaron los datos de prueba y aprendizaje llevando a la no independencia de datos y autocorrelación espacial (Figura 2)

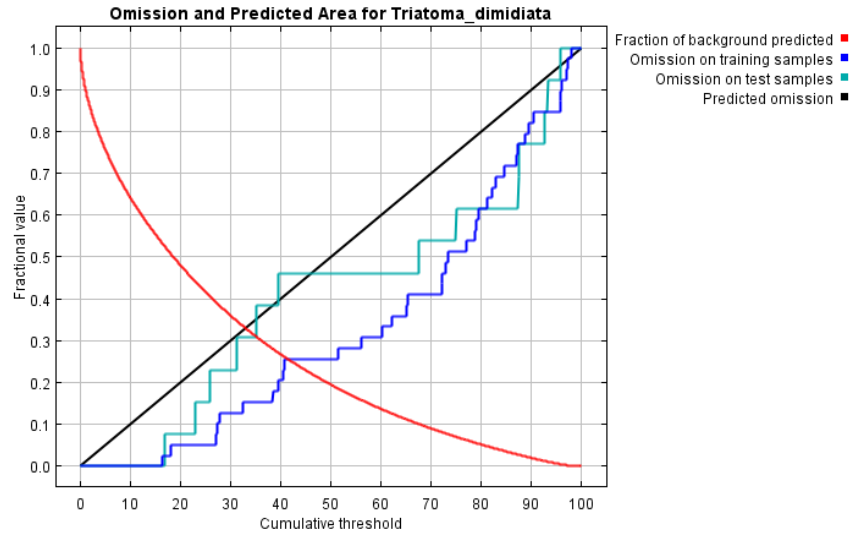


Figura 2. Omisión del aprendizaje, omisión de la prueba y área predicha de *Triatoma dimidiata* en Costa Rica, curva dada por MaxEnt

El AUC tiene valores entre 0,5 y 1,0. Si el valor es de 0,5 indica que el modelo no es mejor que uno obtenido al azar, si el valor está encima del 0,5 y menor al 0,7, indica que hay baja precisión o escasa discriminación, si el valor es mayor a 0,7 el modelo es de elevada precisión o alta discriminación (Newbold *et al.* 2009; Romo *et al.* 2012). La predicción de *Triatoma dimidiata* reportó que los datos de aprendizaje estuvieron por encima de la predicción al azar (AUC=0,864), y el modelo de predicción de la prueba con las variables climáticas es de elevada precisión al tener el AUC=0,803, por lo que el modelo evaluado no se da por el azar, como se observa en la figura 3.

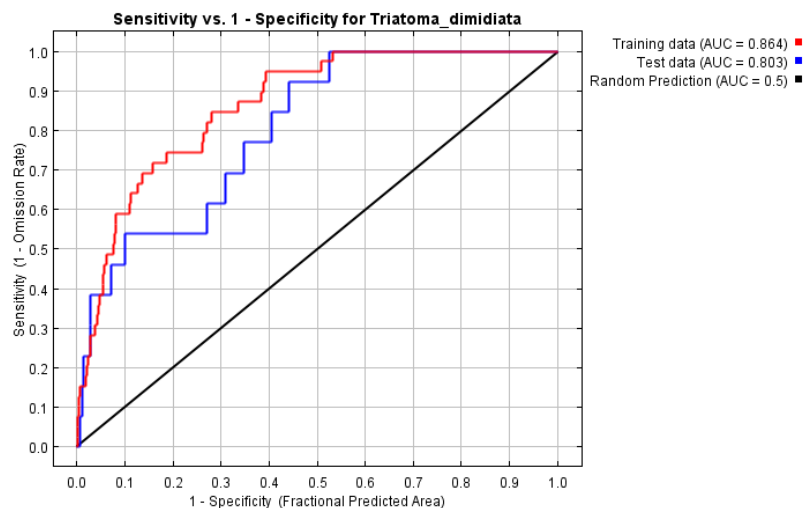


Figura 3. Curva operacional (ROC) en la predicción de *Triatoma dimidiata* en Costa Rica, gráfica dada por MaxEnt

Los datos usados para la predicción del *Panstrongylus geniculatus*, mostraron que la omisión sobre las muestras de prueba, no tienen un buen ajuste a la tasa de omisión predicha por Maxent, esto debido a que los datos que se usaron como datos de prueba fueron los mismos que los de aprendizaje dentro del programa, lo anterior por la cantidad de datos de ocurrencia encontrados, esto lleva a que no sean independientes y que se presentara autocorrelación espacial (Figura 4).

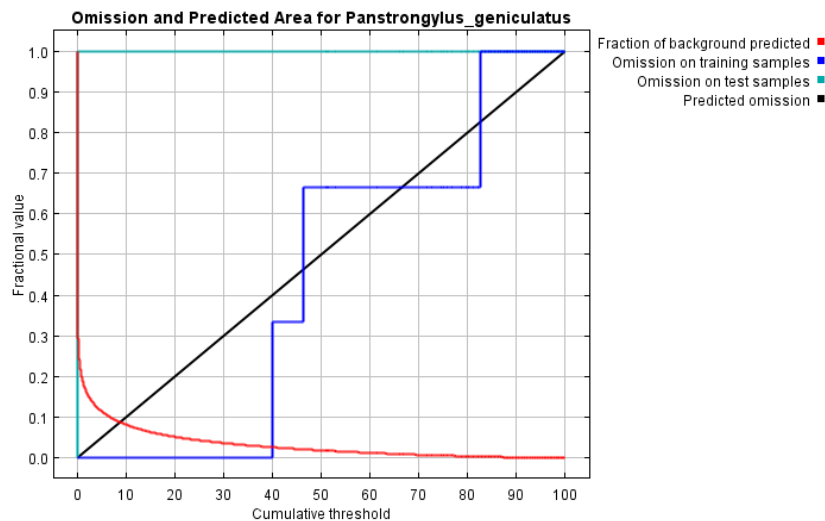


Figura 4. Omisión del aprendizaje, omisión de la prueba y área predicha de *Panstrongylus geniculatus* en Costa Rica, curva dada por MaxEnt.

La AUC hallada en la predicción de prueba de *Panstrongylus geniculatus* (AUC=0,206) evidenció que el modelo con las variables climáticas no es mejor que uno obtenido al azar. Esto es evidente en la Figura 5, en donde se observa que los datos de prueba están por debajo de la predicción aleatoria que realiza Maxent, mientras que los datos de aprendizaje están por encima de la predicción al azar y cuentan con un AUC significativo (AUC=0,983).

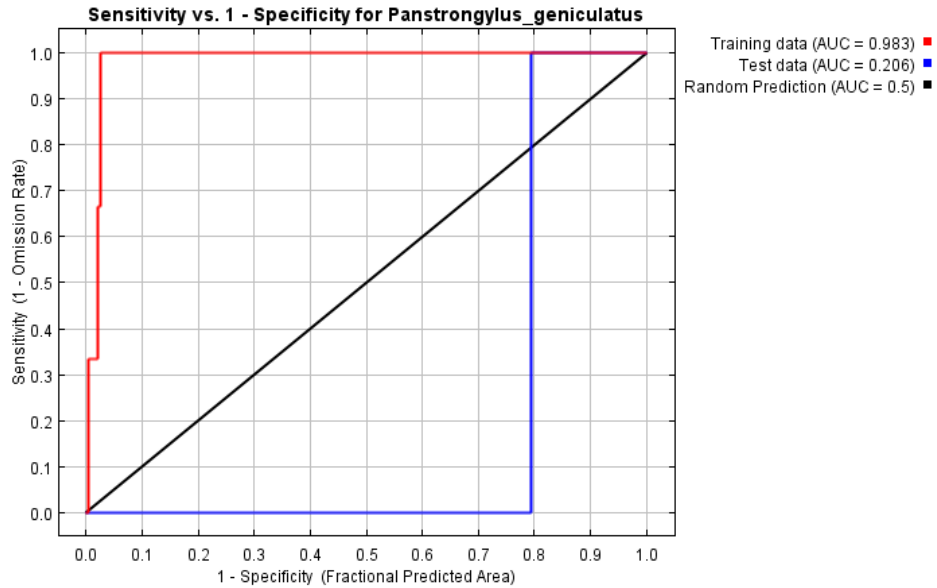


Figura 5. Curva operacional (ROC) en la predicción de *Panstrongylus geniculatus* en Costa Rica, gráfica dada por MaxEnt.

Análisis de datos

Se calculó la tasa de incidencia acumulada anual (casos/100.000 habitantes). Estas incidencias se obtuvieron, por año, con la siguiente fórmula (Moreno-Altamirano 2000):

$$\frac{NTC}{(P * 1) * 100.000}$$

Donde:

NTC: Número Total de Casos para el año estudiado

P: Población para el año estudiado

Para los casos por años, se realizó un resumen estadístico descriptivo de los datos en la extensión R Commander (Fox 2005) dentro del software R versión 3.0.2 (R Core Team 2013). También se hizo una comparación cualitativa del Índice de Desarrollo Humano (IDH), y el Coeficiente Gini con la incidencia de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas, esto entre los años 2005-2015, debido a que son los años en los que se cuentan con reportes completos para el país. Posteriormente, se realizó un modelo lineal generalizado (GLM, familia: Poisson, McCullagh y Nelder 1989) dentro del paquete R Commander (Fox

2005) para analizar la relación lineal en un algoritmo general para estimar la máxima verosimilitud para modelar la frecuencia de la incidencia de las enfermedades en relación con el IDH y el Coeficiente de Gini. Además, se cuantificó la dependencia lineal mediante la estimación de correlación cruzada entre los años de la variable climática y los años de los casos de Leishmaniasis. Para esto, se estimaron los coeficientes dentro de la correlación cruzada simultáneos y rezagados de los índices mensuales Niño-Oscilación del Sur (ENOS por las siglas en inglés) y los valores de casos de Leishmaniasis y de Enfermedad de Chagas. Los coeficientes rezagados permiten evaluar la asociación lineal entre dos variables cuantitativas temporales (Salas *et al.* 1980), en este caso no estacionales por el comportamiento de presentación de los casos en las dos enfermedades.

RESULTADOS

Incidencia espacio-temporal de la Leishmaniasis

La Región Huetar Atlántica tuvo 7475 casos de Leishmaniasis confirmados entre 2005 y 2015. El promedio de casos positivos fue de $679,5 \pm 258,5$ (DE) por año, en 2008 se reportó el menor número de casos (235) y el 2007 se encontró el mayor número de casos en la región (1088). En cuanto a las tasas de incidencia el promedio fue de $159,3 \pm 61,4$ (DE) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen estadístico descriptivo de los casos y tasas (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis en la Región Huetar Atlántica entre 2005 y 2015. DE: desviación estándar.

	Mediana	Media	DE	Mínima	Máxima
Casos	761	679,5	258,5	235	1088
Tasa	171,1	159,3	61,4	54,7	258,6

El comportamiento en la presentación de la Leishmaniasis en la Región Huetar Atlántica no es estable. En el año 2008 la cantidad de casos descendió abruptamente y a partir de ese año se ve un ascENOS que se mantuvo hasta el año 2014 (Figura 6). Entre los años 2010 a 2014 se reportan el 63,4% del total de los casos revisados en este estudio.

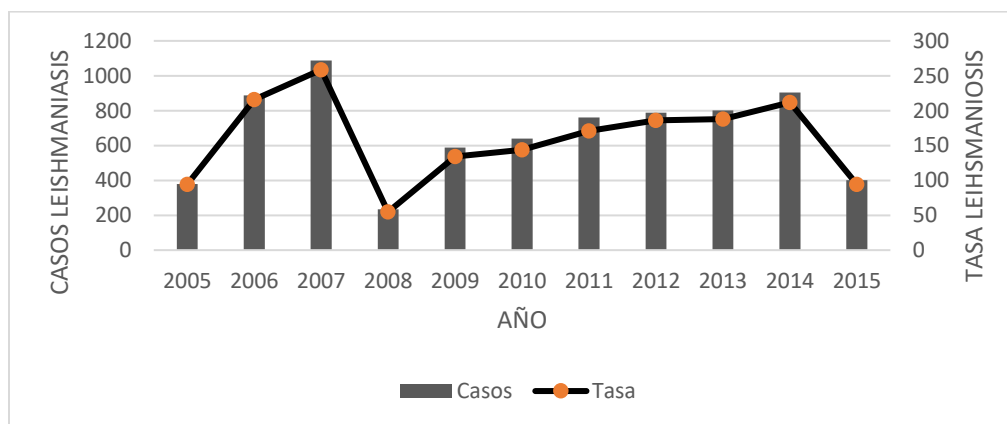


Figura 6. Relación temporal entre el número de casos y tasa (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis en la Región Huetar Atlántica, Costa Rica 2005-2015.

La forma más eficiente de asegurar el diagnóstico de *Trypanosoma cruzi* es por medio de la seroprevalencia en donantes de sangre a nivel nacional. Con este método se hallaron 554 positivos al parásito, representando el 0,95% del total de donantes en los Bancos de Sangre a nivel nacional en los años 2003 al 2012, presentando el mayor número de casos en el año 2006 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prevalencia de la Enfermedad de Chagas en donantes de sangre en Costa Rica en los años 2003 al 2012

Años	Casos	Seroprevalencia (%) en bancos de sangre
2003	49	0,08
2004	39	0,07
2005	51	0,09
2006	184	0,34
2007	17	0,03
2008	38	0,07
2009	49	0,08
2010	47	0,07
2011	37	0,06
2012	43	0,06
TOTAL	554	0,95

El promedio de positivos en los años 2003 a 2012 fue de $55,4 \pm 46,24$ (DE) por año. El año con mayor cantidad de positivos fue el 2006, superando por 3,75 veces el siguiente hallazgo de positivos a Chagas en los años 2003 y 2009 (figura 8). Los seropositivos, representaron en los bancos de sangre a nivel nacional, un promedio de $0,095\% \pm 0,09\%$ (DE) del total de donantes en los años del estudio (cuadro 3).

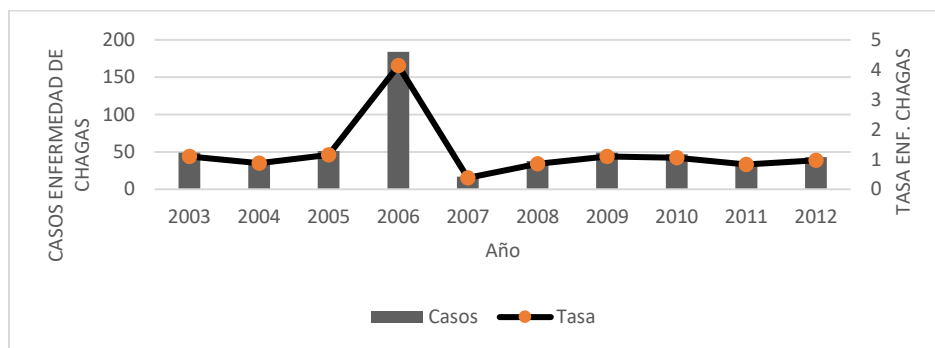


Figura 7. Relación temporal entre el número de casos y tasa (casos/100.000 habitantes) de incidencia de la Enfermedad de Chagas en la Región Huétar Atlántica, Costa Rica 2005-2015.

Cuadro 3. Resumen estadístico descriptivo de los casos y la seroprevalencia detectada en donantes de sangre, de la Enfermedad de Chagas en Costa Rica, 2003-2012. DE: desviación estándar.

	Mediana	Media	DE	Mínima	Máxima
Casos	45	55,4	46,24	17	184
Seropositivo (%)	0,07	0,095	0,09	0,03	0,34

A nivel espacial la Región Huetar Atlántica mantiene, de los años 2005 a 2015, una presentación constante siendo la parte sur la más afectada, excepto en los años 2009 y 2010. Los años 2006, 2007 y 2014 fueron los que presentaron la mayor incidencia de la enfermedad dentro de la región (Figura 8). A nivel nacional, la Región Huetar Atlántica presentó la mayor incidencia de la enfermedad en todos los años del estudio (Anexo 1).

El análisis mostró que la incidencia de Leishmaniasis no se asocia al cantón en el que se presentó ($X^2=1,39$; $gl=5$, $p<0,05$). Sin embargo, el cantón de Talamanca mostró el mayor número de casos de la región en los años del estudio, excepto en el 2009, 2010 y 2012 (Figura 8).

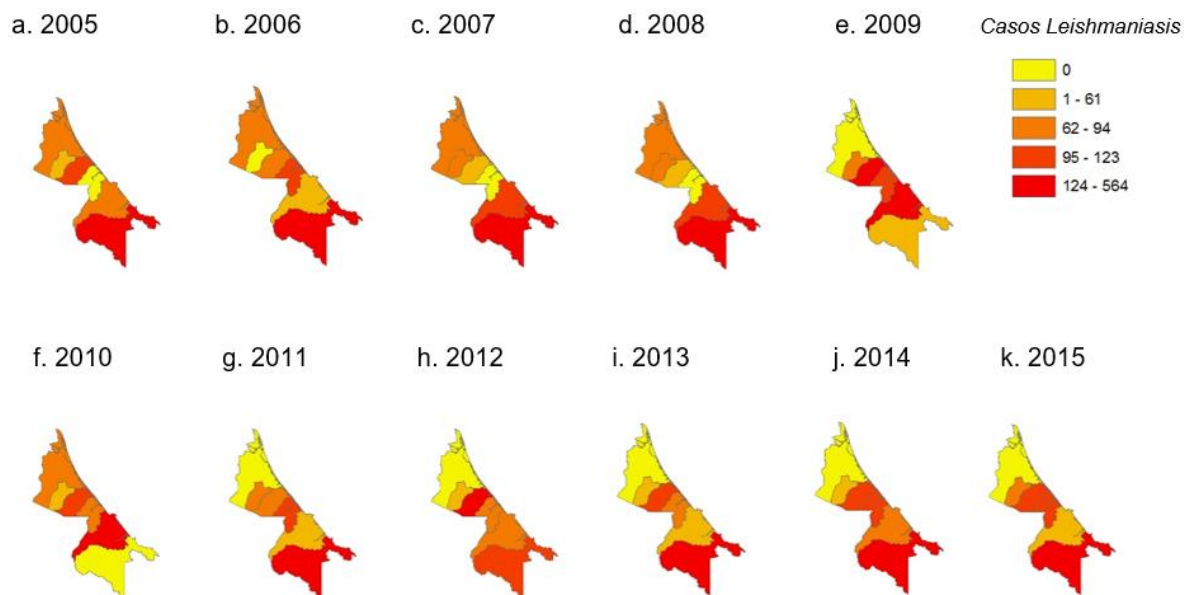


Figura 8. Distribución espacial de Leishmaniasis en la Región Huetar Atlántica, Costa Rica 2005 - 2015. La escala muestra el número de casos en el área de estudio.

Interacción con el paisaje

Se encontró que los casos de Leishmaniasis fueron de mayor presentación en las zonas boscosas y de manejo agropecuario (cultivos, pasto y agricultura) mientras que, en el manglar la presentación de la enfermedad fue de cero (Figura 9). Se encontró asociación entre la presentación de Leishmaniasis y el uso de suelo ($\chi^2=0,0001$; $gI=9$; $p=0,55$). Los casos positivos de Leishmaniasis desde el 2005 hasta el 2015 tuvieron mayor presentación en bosque, pasto y agricultura y cultivo (áreas de uso agrícola).

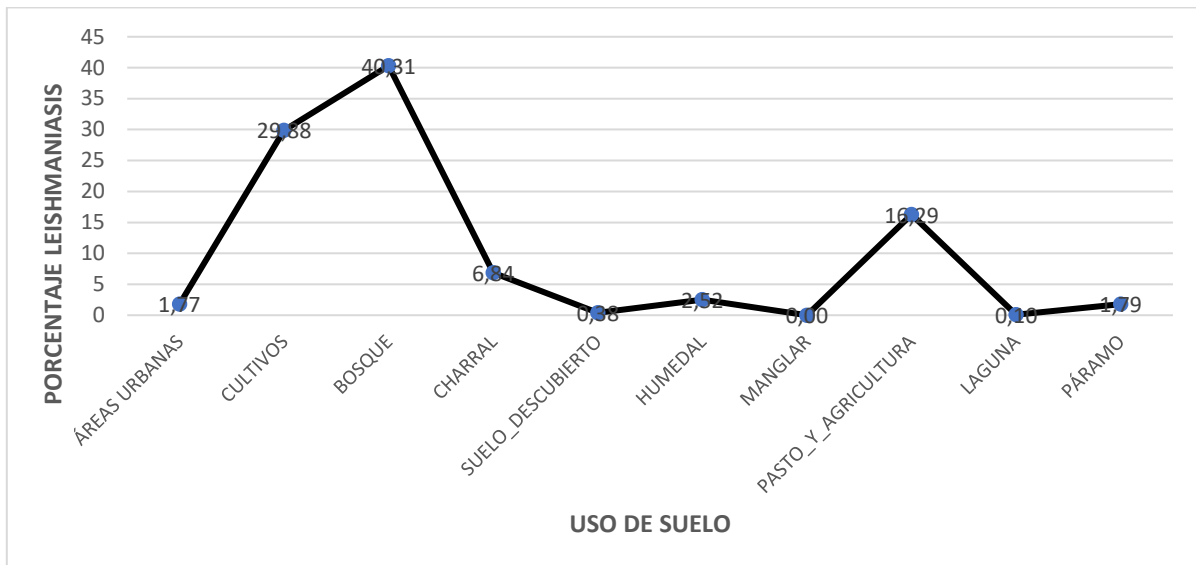


Figura 9. Presentación de Leishmaniasis en los años 2005 al 2015 según el Uso de Suelo dentro de la Región Huetar Atlántica (RHA), Costa Rica.

Los episodios del fenómeno de El Niño se registraron en los años 1977, 1982, 1997, 2002 y 2015, mostrando las temperaturas más altas los años 1997 y 2015. En el caso del fenómeno de La Niña, se presentó para los años 1974, 1975, 1985, 1999, 2000, 2008, y 2011, y las temperaturas más bajas se reportaron en el año 1999 (Figura 10). El máximo coeficiente de correlación cruzada mostró que cerca del 60% ($r = 0,63$; $p > 0,05$) de los casos de Leishmaniasis están explicados por el ENOS, es decir que el aumento/disminución de la cantidad de casos de la enfermedad se darán de manera simultánea a un evento climático como El Niño y La Niña, determinado por las temperaturas altas y bajas en el Océano Pacífico, respectivamente. Hallando que los casos de Leishmaniasis aumentaron en presencia de La Niña. En cuanto a la Enfermedad

de Chagas, el coeficiente de correlación cruzada mostró que el 8% ($r = 0,084$; $p > 0,05$) de los casos están explicados por el ENOS (Figura 11).

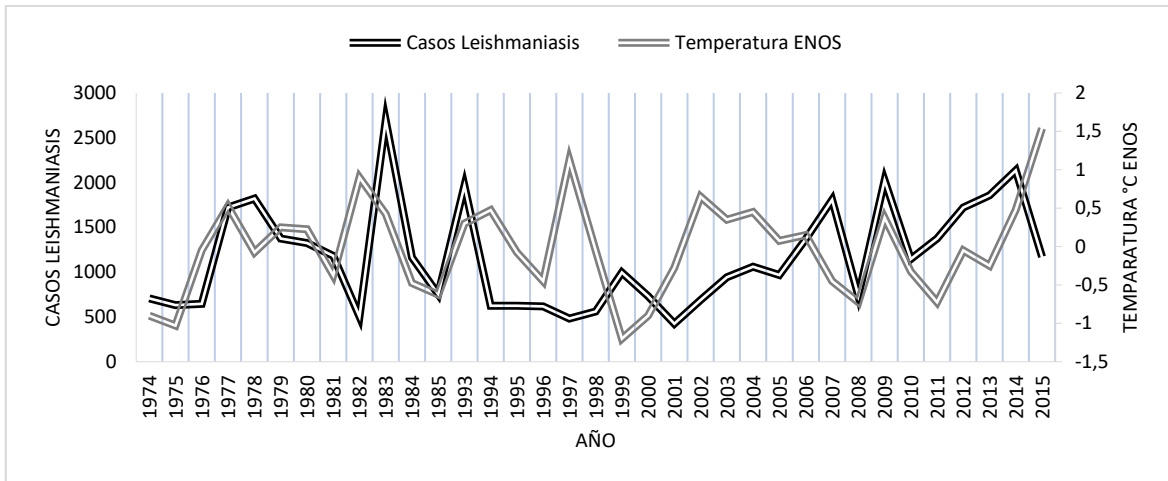


Figura 10. Casos positivos de Leishmaniasis y grados centígrados de variación de ENOS en Costa Rica en los años 1974 a 2015.

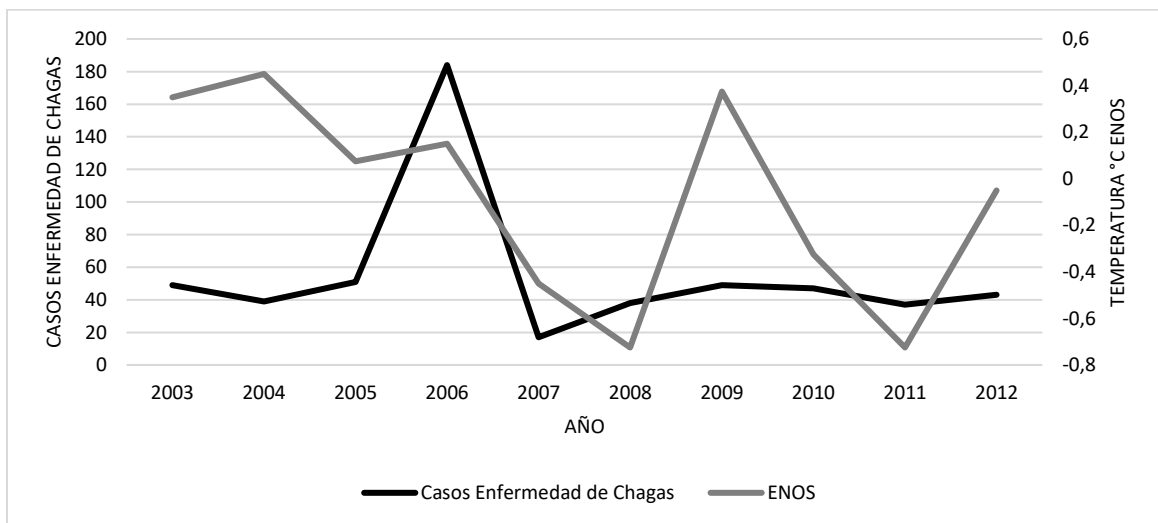


Figura 11. Casos positivos de Enfermedad de Chagas y grados centígrados de variación de ENOS en Costa Rica en los años 2003 a 2012.

Contexto socioeconómico y la presentación de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas

El Coeficiente de Gini en Costa Rica ha mostrado aumento en la última década, con una media de $0,651 \pm 0,014$. El IDH en la Región Huetar Atlántica es menor al IDH nacional (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resumen estadístico de la tasa de incidencia de Leishmaniasis, el índice de Desarrollo Humano (IDH) y Coeficiente de Gini en la Región Huetar Atlántica (RHA) y Costa Rica (CR), 2005 al 2015.

	Mediana	Media	DE	Mínima	Máxima
Coeficiente de GINI	0,503	0,498	0,015	0,475	0,516
IDH RHA	0,66	0,651	0,014	0,634	0,665
IDH Costa Rica	0,766	0,791	0,048	0,725	0,854

La presentación de Leishmaniasis parece estar influenciada por el Coeficiente de Gini, ya que a medida que aumenta la desigualdad (representado por el Coeficiente de Gini), aumenta la tasa de incidencia de Leishmaniasis en la Región Huetar Atlántica (intercepto -354,5, 95% IC= $1,244e^{-272}$ - $1,081e^{-34}$) (Figura 12). Por otro lado, el IDH de la Región Huetar Atlántica parece no influir directamente en la tasa de incidencia de Leishmaniasis dentro de la región (intercepto $2,35960e^{-66}$ ($-97,6404e^{-44\%}$)) (Figura 13).

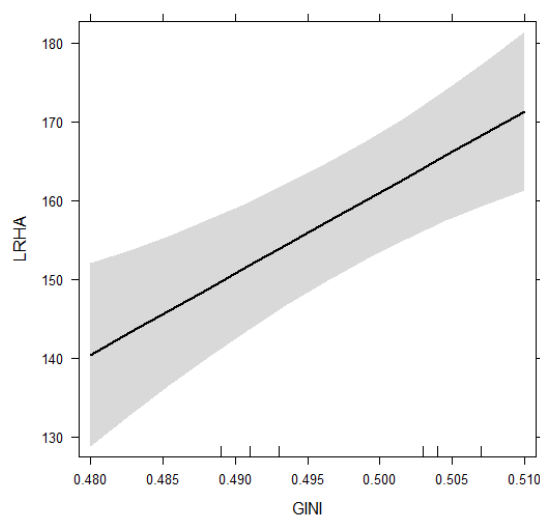


Figura 12. Gráfica de los efectos de la tasa (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis y el Coeficiente de Gini en la RHA

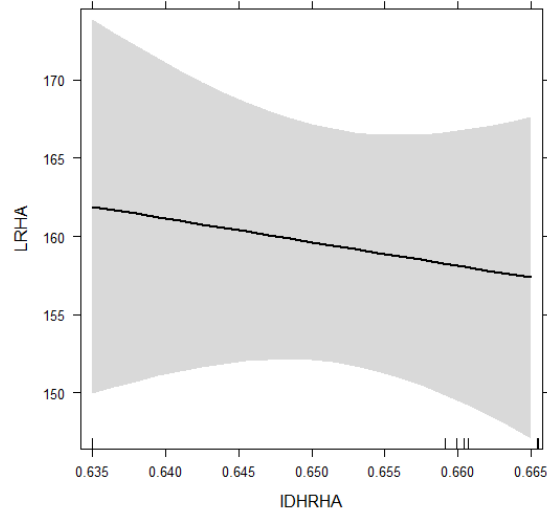


Figura 13. Gráfica de los efectos de la tasa (casos/ 100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis y el Índice de Desarrollo Humano en la RHA (IDHRHA)

El Coeficiente de Gini no parece influir en la presentación de la Enfermedad de Chagas (intercepto 107,6; 95% IC=-159,398-635,581) (Figura 14). De igual manera, el IDH de la Región Huetar Atlántica parece no influir directamente los casos de la Enfermedad de Chagas (intercepto 185,693 (-33,541-461,600)) (Figura 15).

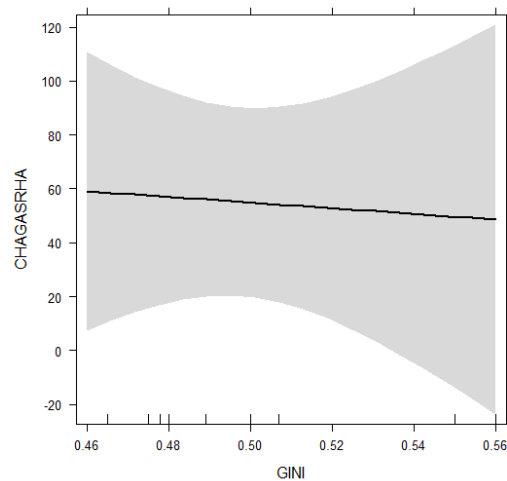


Figura 14. Gráfica de los efectos de los casos de la Enfermedad de Chagas y el Coeficiente de Gini en la RHA

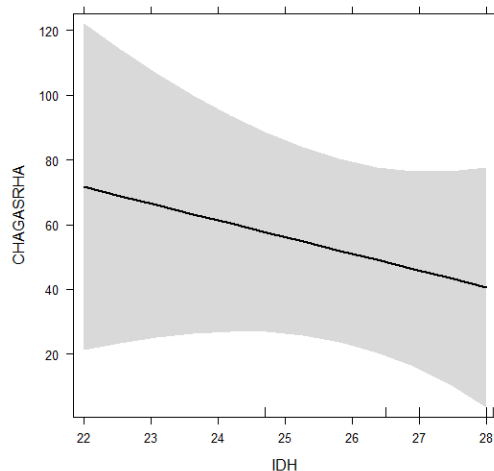


Figura 15. Gráfica de los efectos de los casos de la Enfermedad de Chagas y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) en la Región Huetar Atlántica

Modelación de la distribución de los vectores de Enfermedad de Chagas: *Triatoma dimidiata* y *Panstrongylus geniculatus*

El modelo obtenido mediante el algoritmo Maxent predijo la probabilidad de presentación de *Panstrongylus geniculatus* en la Provincia de Puntarenas, principalmente en el Cantón Golfito. De igual forma, en la Provincia de Limón se predice la distribución del triatomino especialmente en el Cantón de Pococí en la frontera con Nicaragua. Por otro lado, para las provincias de Guanacaste, Alajuela, San José y Cartago, se predijo la menor distribución de *Panstrongylus geniculatus* a nivel nacional (Figura 16).

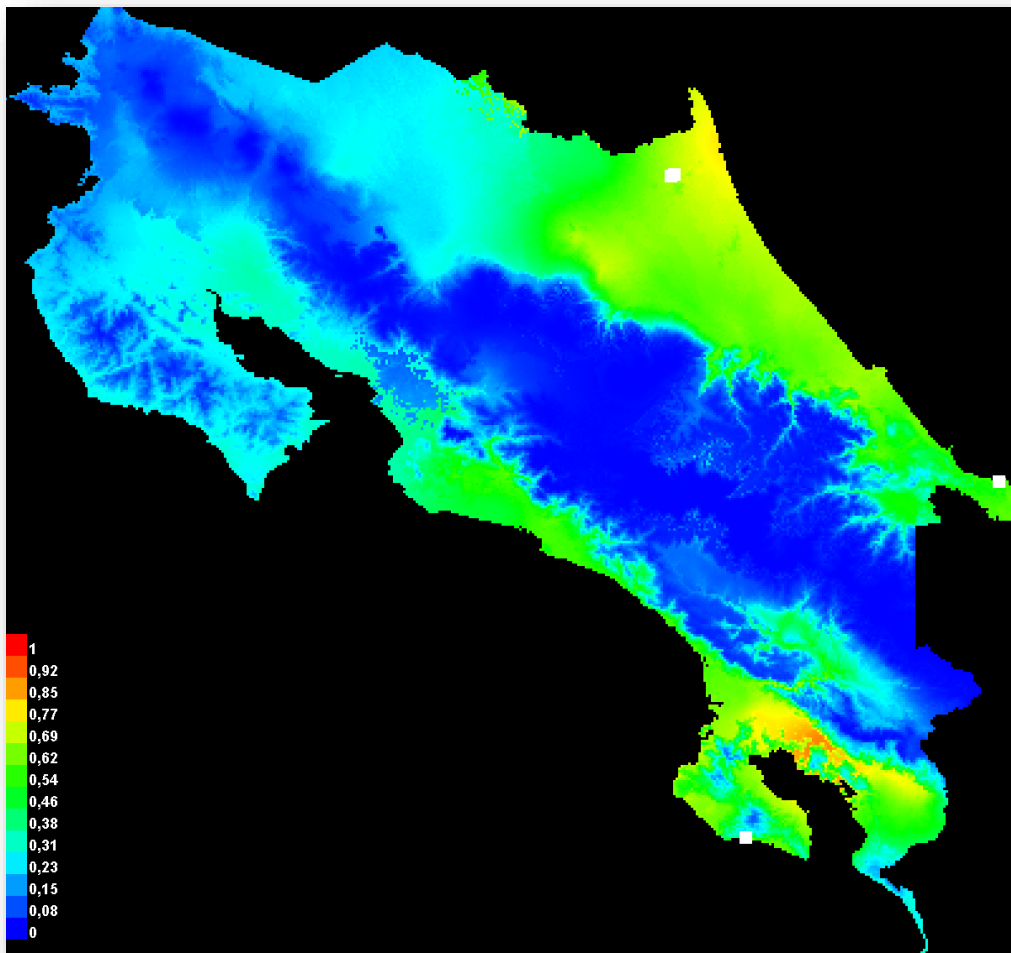


Figura 16. Mapa de la probable distribución de *Panstrongylus geniculatus* basado en variables climáticas en Costa Rica obtenidos mediante el algoritmo Maxent. En la escala 1 significa alta probabilidad de presencia y 0 baja probabilidad de presencia

En cuanto al *Triatoma dimidiata*, la probabilidad de presentación difiere con la encontrada para *Panstrongylus geniculatus*. En la Provincia de Puntarenas se reportó la menor distribución del vector a nivel nacional, mientras que en la Provincia de Guanacaste y de Limón se encontró la mayor distribución espacial de *Triatoma dimidiata*, alcanzando la mayor probabilidad en el Cantón de Talamanca, principalmente en el área de Sixaola (Figura 17).

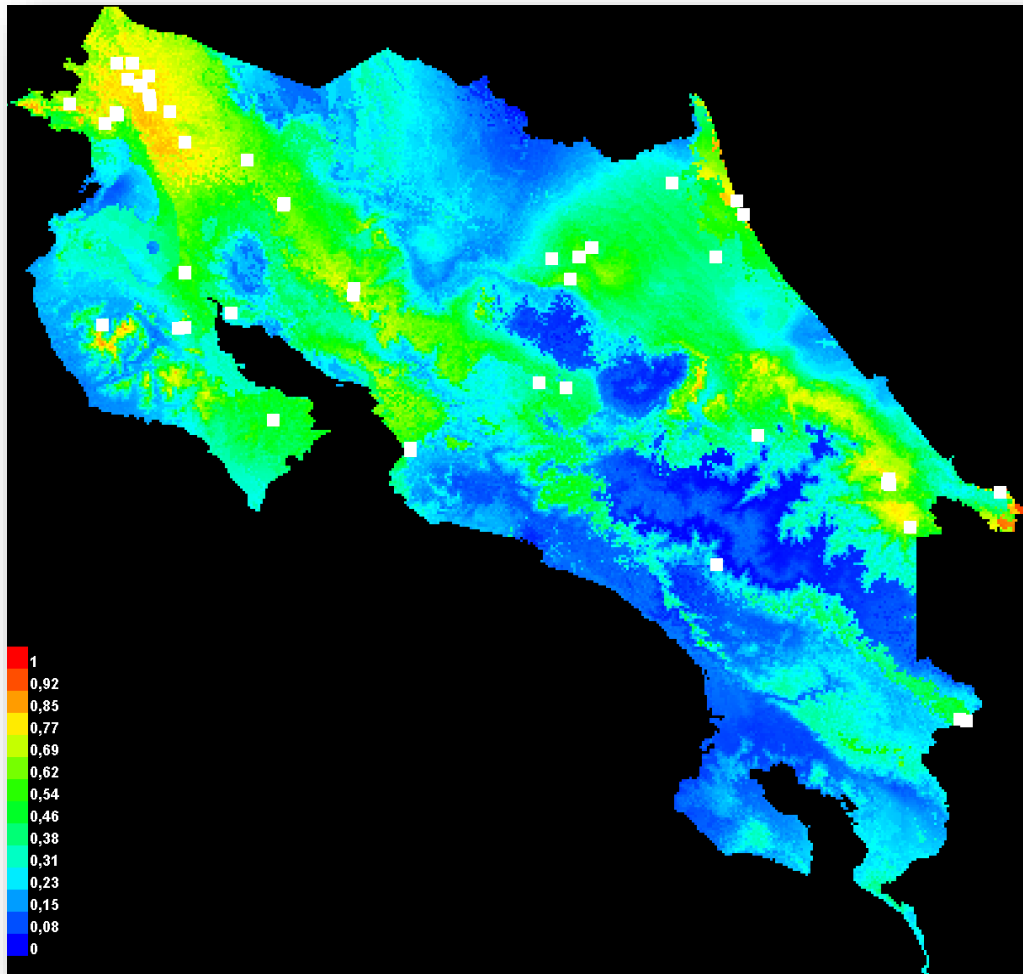


Figura 17. Mapa de la probable distribución de *Triatoma dimidiata* basado en variables climáticas en Costa Rica obtenidos mediante el algoritmo Maxent. En la escala, 1 significa alta probabilidad de presencia y 0 baja probabilidad de presencia.

DISCUSIÓN

Incidencia espacio-temporal

En la Región Huetar Atlántica de Costa Rica las enfermedades vectoriales Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas se presentan como un problema de salud pública que afecta principalmente las zonas rurales y boscosas. En los años del estudio, en la Provincia de Limón, los vectores flebótomos de *Leishmania* spp se declararon endémicos en algunos cantones como Talamanca (Dirección de la Vigilancia de la Salud 2014), lo que puede explicar por qué este cantón tuvo el mayor número de presentaciones de Leishmaniasis en ocho de los diez años analizados.

Los primeros reportes de flebótomos en zonas periurbanas con contenido de sangre se hicieron en la década del 80 (Murillo y Zeledón 1985) coincidiendo con los picos más altos en la presentación de Leishmaniasis. A partir de este momento, la adaptación de los vectores se describe a nivel periurbano en América Latina (Salomón *et al.* 2001; Juan *et al.* 2005 y Agrela y Sánchez 2009) concordando con el nuevo incremento en el número de casos de la enfermedad en la última década.

En esta investigación se encontró que los poblados con mayor número de habitantes, a nivel regional y nacional, cuentan con un número importante de casos a Leishmaniasis (Anexo A), esto puede deberse a que en las zonas urbanas con hospitales nivel I es donde se remiten casos complejos para diagnósticos certeros. Sin embargo, tanto la Enfermedad de Chagas como la Leishmaniasis son catalogadas como enfermedades emergentes, especialmente en áreas urbanas (Acosta 2015), y reemergentes por su riesgo de reinfección, en el caso del Chagas, debido a que no se han erradicado los vectores selváticos (Romaña *et al.* 2003) se ha mantenido latente la enfermedad. Lo anterior puede deberse a los factores demográficos, tecnológicos e industriales de desarrollo económico, el uso de la tierra, adaptación por parte de los microorganismos y las políticas en salud pública (Suarez y Berdasquera 2000) que permiten la interdigitación o superposición de las actividades humanas a los focos naturales (Arias y Naiff 1981)

Dentro de las políticas de salud pública, los estudios en enfermedades vectoriales y la atención en los centros de salud han mejorado en Costa Rica desde que se decidió ingresar a la Iniciativa Centroamericana para la Erradicación de Vectores en el año 2002.

Sin embargo, continúa presentando deficiencias en la recolección de datos y en los diagnósticos de las enfermedades que no son de reporte obligatorio, como es el caso de la Enfermedad de Chagas (OMS 2007), que es diagnosticada de forma más precisa en el tamizaje de sangre de donantes a nivel nacional. A nivel clínico, esta enfermedad se confunde con cardiopatías de etiologías diversas (Maffia *et al.* 1997). Se conoce que existen entre 16 y 18 millones de infectados chagásicos en América Latina y cerca de 90 millones de habitantes están en riesgo de infectarse (OMS 2007).

Los estudios sobre las posibles asociaciones de enfermedades vectoriales y la presentación de las enfermedades emergentes y reemergentes se realizan solo con la presencia o no de vectores y se deja de lado la pérdida de áreas silvestres, aspectos sociales, económicos y culturales, por parte de las autoridades de salud. Esto limita el conocimiento sobre la dinámica ecológica de las enfermedades de origen selvático y por tanto, su control y prevención.

Interacción en el paisaje

La incidencia de Leishmaniasis ha variado temporalmente (Anexo B), mostrando su pico máximo en la década del 80, coincidiendo con la pérdida de cobertura en los bosques por el denominado “striptease” de Costa Rica, que para el año 1987 alcanzó un estado crítico en cobertura boscosa, siendo del 21% (FONAFIFO 2009). En la década del 90, se presentó un pequeño descenso en la tasa de incidencia de Leishmaniasis, concordando con la recuperación boscosa del país, que llegó a una cobertura del 47% para el año 1997 (FONAFIFO 2009).

Las actividades humanas que modificaron la cobertura boscosa de Costa Rica de forma tan abrupta llevaron a la disminución de los bosques y por tanto modificaron los nichos ecológicos de los animales reservorios y de los vectores de agentes patógenos que llevan a una disparidad espacial y temporal de las endemias, ya descrita en paludismo, Leishmaniasis y arbovirosis (Romaña *et al.* 2003), coincidiendo con lo encontrado en la presente investigación.

La presentación de la Leishmaniasis mostró asociación con los usos de suelo: bosque, cultivos, pasto y agricultura, en donde las zonas de vida (según la clasificación de Holdridge, 1969) que predominan en la Región Huetar Atlántica, son el bosque húmedo tropical y muy húmedo premontano, siendo estos hábitats ideales para la *Lutzomyia*

(Martínez *et al.* 2012). Además, se han encontrado evidencia de correlaciones positivas entre la cobertura vegetal y la incidencia de la Leishmaniasis (Acosta 2015), misma situación que se encontró en este estudio, y se replica en todo el país (Anexo C). Asimismo, Elnaiem *et al.* (2003) y Bhunia *et al.* (2010) reportaron que a nivel espacial, la presentación de Leishmaniasis es concordante con poca vegetación densa, similar a las matrices agropecuarias en el área de estudio. Esto explicaría que en los lugares de bosque seco en Costa Rica, la presentación de casos de Leishmaniasis es baja (Anexo D), lo anterior porque es un hábitat inhóspito para el vector (Martínez *et al.* 2012). De igual forma, el relieve mostró ser determinante para la incidencia de la enfermedad, esto debido a que la temperatura desciende suficiente para que *Lutzomyia* no se adapte y no pueda reproducirse (Zeledón *et al.* 1985).

La cobertura vegetal interviene en la precipitación y en la temperatura, lo que influye directamente en la abundancia de algunos vectores dependientes de estos factores como los del género *Lutzomyia* (Salomón *et al.* 2003; Oliveira *et al.* 2008). Además, se conoce que la precipitación se relaciona directamente con la dinámica poblacional de los flebótomos (Perruolo 2004) explicando que en época de lluvia, especialmente durante el fenómeno de La Niña, la incidencia de Leishmaniasis aumenta por el impacto de la pluviosidad sobre los sitios de cría del vector. Lambraño *et al.* (2012) hallaron correlación positiva entre la abundancia de *Lutzomyia evansi* y la precipitación acumulada del mes anterior a la recolección del vector, este hallazgo podría explicar el incremento de la Leishmaniasis hallada en Costa Rica dentro del presente estudio en épocas de altas precipitaciones que coinciden con la presentación del fenómeno de La Niña.

Los estudios sobre la incidencia de fenómenos climáticos en los casos de Leishmaniasis son pocos y muestran diferentes resultados. Se ha registrado que durante El Niño se incrementa el número de casos de Leishmaniasis en Brasil, Colombia y Venezuela (Poveda *et al.* 2000, Rodríguez-Morales *et al.* 2005 y Acosta 2015). Sin embargo, en esta investigación se halló el incremento de Leishmaniasis en presencia del fenómeno climático La Niña, concordando con lo reportado por Cabaniel *et al.* (2005). Esto puede deberse a que, si bien el vector se desarrolla mejor en momentos de alta pluviosidad, el protozoario se ve favorecido para acelerar su desarrollo en altas temperaturas (Cabaniel *et al.* 2005). Además, según Brenes y Bonilla (2012), el proceso de cambios en el Océano Pacífico (determinante para la presentación de El Niño o La Niña), afecta en mayor proporción a las regiones pacíficas y centrales de Costa Rica y muy poco a la zona

Atlántica, lo que podría explicar por qué existen algunos picos en la presentación de Leishmaniasis aún bajo el fenómeno de El Niño, ya que en la Región Huetar Atlántica las precipitaciones continuaron cuando el resto del país presentaba sequía.

Desde el 2005 hasta el 2015 los cambios en las áreas naturales no han sido determinantes, por lo que geográficamente los casos no han sido tan variados. Sin embargo, los cambios por fragmentación modifican la epidemiología de una enfermedad infecciosa. Los fragmentos de poco tamaño cuentan con una alta densidad poblacional, lo que favorece el contacto entre los individuos de diferentes especies, incluyendo los animales domésticos, facilitando la transmisión de agentes infecciosos que ponen en riesgo la salud animal (Goosem 1997; Randolph y Dobson 2012). Rojas (1992) demostró que la presencia intradomiciliaria y peridomiciliaria de animales disminuía el riesgo de infección para el humano, pero este no tuvo en cuenta el riesgo de reservorio de algunos animales domésticos que se han descrito, como el perro (Vásquez-Trujillo *et al.* 2008; Fernández *et al.* 2006). En Costa Rica, los estudios de Leishmaniasis en perros son escasos, siendo un tema delicado porque los cazadores furtivos ingresan a las áreas naturales con perros domésticos para facilitar el hallazgo de los animales de caza.

La dinámica de las dos enfermedades incluidas en este estudio depende directamente del comportamiento y adaptación de los vectores que las transmiten. El acercamiento de los flebótomos a los humanos, no se da exclusivamente por la adaptación de éstos a las actividades antrópicas en las zonas urbanas y periurbanas, también se debe al movimiento de los humanos dentro de las áreas naturales para la extracción de materias primas, tala, extracción de animales y recreación (Nassar-Montoya y Pereira-Bengoia, 2013). Además, las características de ecoturismo propias de Costa Rica como una de las líneas de más importancia a nivel económico (Hidalgo 2007), permiten el ingreso de personas nacionales y extranjeras a las áreas endémicas de estos insectos. Estas características pueden ser las que han llevado a la presentación de Leishmaniasis y Enfermedad de Chagas en la Región Huetar Atlántica, donde el turismo en las áreas protegidas (bosques) es el empleo sectorial más importante de la región. Asimismo, estas visitas turísticas podrían explicar, en parte, los casos en las zonas urbanas a nivel nacional.

Se conoce que las enfermedades vectoriales tienen mayores incidencias en construcciones con techos de paja o algún material vegetal, paredes de adobe, especialmente sin sellante y pisos de tierra (Zeledón y Vargas 1984), y las casas de

adobe y barro se agrietan rápidamente y permiten lugares de vivienda para el vector. De igual forma, la poca iluminación (por costos) y pocas ventanas, permiten un hábitat con semipenumbra, ideal para los flebótomos (Dias y Borges 1982). Estos materiales concuerdan los reportados para Costa Rica por el INEC (2011): el 15,4% de las viviendas del país utilizan materiales como madera, fibras naturales (bambú, caña, chonta, material de desecho) y Zinc o adobe, el 87,7% de las viviendas construidas con estos materiales están ubicadas en las zonas rurales. En la provincia de Limón (la más representativa en la Región Huetar Atlántica) el 23,4% de las casas se construyen con materiales como madera, fibras naturales, material de desecho, Zinc o adobe y en la zona rural el 85,7%, de lo descrito para la provincia de Limón. Las viviendas en este sector cuentan con los materiales que facilitan la adaptación de los flebótomos en las áreas periurbanas y aumenta la probabilidad de sufrir una enfermedad vectorial.

La pobreza es un factor que podría ser determinante en la presentación de las enfermedades vectoriales, especialmente las llamadas olvidadas por la OMS. Esto se vio representado en la Región Huetar Atlántica, donde el IDH y el Índice de Gini mostraron que a mayor pobreza y desigualdad, la tasa de incidencia de Leishmaniasis aumenta. Esto puede estar determinado por las costumbres de las comunidades, la forma de crianza de animales, hábitos alimentarios, niveles de educación, condiciones de pobreza y marginación social, la disponibilidad de agua potable y los sistemas sanitarios (Samartino y Eddi 2010).

Distribución de triatomos

Las modelaciones a nivel ecológico deben generarse a partir de variables ambientales apropiadas (Ottaviani 2004), de no ser así, pueden presentarse sesgos en la modelación de distribución de las especies (Yáñez-Cajo *et al.* 2016). La temperatura, precipitación, humedad y altura son las variables ambientales que explican mejor la presencia de triatomos (Harvell *et al.* 2002, Hay 2006, Yumiseva 2014).

Los insectos vectores parecen estar asociados a la temperatura de forma estrecha (Harvell *et al.* 2002). Esto podría explicar el movimiento altitudinal que se obtuvo en la modelación de probabilidad de presencia para *Panstrongylus geniculatus*, lo que favorecerá el contacto con nuevos hospederos (Levins *et al.* 1994). Sin embargo, la

interacción entre enfermedad y clima pueden explicar la presentación de patologías vectoriales (Harvell *et al.* 2002).

Los flebótomos son moldeables a los cambios ambientales, ocasionando su adaptación al modificar sus redes tróficas, morfológicas y genotipos; siendo así cambian la dieta de zoofílica a antropofílica, comportamiento especialmente descrito en los insectos de la familia Triatominae (Dujardin *et al.* 1999, Schofield *et al.* 1999).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los cambios en factores como vegetación, clima y la influencia de las actividades antrópicas como son las agrícolas, conllevan a cambios ecoepidemiológicos significativos en las enfermedades conocidas como selváticas, aumentando su incidencia en humanos. Por lo que se deberían instaurar, dentro de los planes de manejo y conservación de las áreas protegidas, estudios e información de la incidencia de vectores y patógenos endémicos de la zona para adaptar planes de prevención y vigilancia de estos, y evitar así, epizootias que pueden afectar las poblaciones de animales silvestres, propias del lugar, y humanas en las áreas de amortiguamiento.
- La disminución de áreas naturales, como sucedió en los años 80, favorece la presentación en humanos de enfermedades que estaban confinadas a un ciclo selvático poniendo en riesgo la salud pública. Esto muestra la necesidad de fortalecer las acciones en conservación, considerando los servicios ecosistémicos de regulación, considerados en el Banco Mundial.
- Las condiciones de la Región Huetar Atlántica, por su composición de relieve, climática y social, favorece la presentación de Leishmaniasis porque mantiene las condiciones más propicias para que los vectores se adapten y puedan desarrollar su ciclo de vida. De igual forma, estas condiciones permiten que el parásito *Leishmania* sp continúe con alta incidencia en la población de dicha región.
- Los cambios en cobertura boscosa parecen modificar la presentación de la Leishmaniasis por adaptaciones ecológicas, tanto del vector como del parásito, esto porque se ven obligados a buscar nuevos hospederos y las actividades antrópicas propician el contacto de éstos a los humanos. Esto conlleva a la necesidad de incluir estudios de variaciones espaciales estructurales cuando se analiza una presentación de enfermedades infecciosas, como lo recomienda Rioux *et al.* (1990), los que deben basarse en procesos de modelación bajo diferentes escenarios de paisaje y correlacionarlo con la conservación de las poblaciones silvestres que sirven como reservorios naturales de los patógenos.
- Al estar bajo la influencia del fenómeno de La Niña la incidencia de Leishmaniasis aumentó, esto podría explicarse por el incremento de zonas húmedas que permiten la ovoposición de los vectores.
- El IDH e índice de Gini permiten analizar pobreza y desigualdad y son uno de los factores determinantes para la presentación de enfermedades vectoriales porque a

mayor desigualdad, mayor es la incidencia de estas enfermedades, especialmente en Leishmaniasis.

- El trabajo interdisciplinario para la conservación de la vida silvestre permite puntos de vista que enriquecen la justificación y manejo de las áreas naturales (protegidas o aún por proteger), por lo que, los estudios en conservación deben ser interdisciplinarios, vistos desde paradigmas diferentes, y no solo como profundizaciones en las ciencias biológicas, ya que se pierde el contexto de matriz que presentan las áreas protegidas: zonas naturales, zonas productivas, zonas humanas y zonas sin uso.

LITERATURA CITADA

- Abad-French F. 2007. Eco-epidemiología de la enfermedad de Chagas. En: Silveria A. (Eds.). La enfermedad de Chagas a la puerta de los 100 años del conocimiento de una endemia americana ancestral. Buenos Aires: Organización Panamericana de la Salud/Fundación Mundo Sano 203-218
- Acosta L.A. 2015. Evaluación de factores ambientales y climáticos como elementos de riesgo asociados con la transmisión del dengue y la Leishmaniasis a diferentes escalas temporales y espaciales en Colombia. Tesis para optar al título de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. 183pp.
- Agrela I. y Sánchez, E. 2009. Prevalencia de la infección por *Leishmania* spp. en un área periurbana de Altagracia de Orituco, estado Guárico, Venezuela. Boletín Malarío de Salud Ambiental. 49(1):107-116
- Agudelo A. 2006. Experiencias epidemiológicas del grupo Chagas de la Universidad de Antioquia. En: Memorias VIII Curso Internacional Eco-epidemiología de la Enfermedad de Chagas y métodos para su estudio. Jaramillo N. y G. Triana (eds.) 113-123p
- Aguilar H., Abad F., Dias J., Junqueira A. y Coura J. 2007. Chagas disease in the Amazon region. Memorias Instituto Oswaldo Cruz 102(1):47-56
- Aguirre A. 2011. Conservation medicine, ecohealth or one health: building bridges to face the challenge of emerging infectious diseases. 2° Congreso en Ecología de Enfermedades y Medicina de la Conservación Kalaan-Kab. Memorias 29-30
- Alfonso J., Y. Pacual-González, J. Benítez, M. López-Zambrano, R. Harter-Griep, L. Vilca-Yengle y R. Cárdenas. 2010. Asociación entre la incidencia de Leishmaniasis cutánea y el Índice de Desarrollo Humano y sus componentes en cuatro estados endémicos de Venezuela. Revista Perú Expertos Salud Publica. 27(1):22-30
- Allan B., F. Keesing y R. Ostfeld. 2003. Effect of forest fragmentation on Lyme disease risk. Conservation Biology 17: 267-272
- Angulo V. 2006. Ensayo de estrategias de control y vigilancia de *Triatoma dimidiata*. Gulh F. (eds.) en: VI reunión de la IAPCEF- Colombia. 91-102
- Arrivillaga J. y V. Caraballo. 2009. Medicina de la Conservación. Revista Biomedica, artículo de revisión 20(1):55-67
- Arias J.R. y R. Naiff. 1981. The principal reservoir host of cutaneous leishmaniasis in the urban areas of Manaus, Central Amazon of Brasil. Miembros Instituto O Cruz. 76:279-286
- Atta, Sistema de linformación de INBio, 21 de julio 2016. URL:atta.inbio.ac.cr.
- Aufderheide A., W. Salo, M. Madden, J. Streitz, J. Buikstra y F. Guhl. A 9,000-year record of Chagas' disease. Roc Natl Acad Sci USA (101): 2034-2039
- Aufderheide A., Salo W., Madden M., Streitz J., Buikstra J., Guhl F., Arriza B., Renier C., Wittmers L., Fornaciari G. y Allison M. 2004. A 9 000-years record of

Chagas' disease. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 101:2034-2039

- Balvanera P., H Colter. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En: Capital natural de México Vol. II: estado de conservación y tendencias de cambio. CAMBIO, México. 185-245
- Banco Mundial. 2016. Índice de Gini. Disponible en: [<http://datos.bancomundial.org/indicador/SI.POV.GINI>] (consultado el 30 de agosto del 2016)
- Bargues M., Schofield C. y Dujardin J. 2010. Classification and phylogeny of the Triatominae. En: Telleria J. y Tibayrenc M. (Eds.). American trypanosomiasis. Chagas disease: one hundred years of research. Elsevier Inc. 117-147
- Begon M., J. Harper y C. Townsend. 1996. Ecology: individuals, populations and communities (Eds.) Omega B. Editorial Blackwell Science, Oxford.
- Bhunia GS., Kumar V., Kumar AJ. & Das P.K.S. 2010. The Use of remote sensing in the identification of the eco-environmental factors associated with the risk of human visceral leishmaniasis (kala-azar) on the Gangetic plain, in north-eastern India. Ann Tropical Medicine Parasitology. 104: 35-53
- Billow T. 1941. ¿Existe en Costa Rica la tripanosomiasis humana? Revista Médica Costa Rica (4):410-414
- Brenes A. y Bonilla A. 2012. La Niña 2010-2012. Estudio de caso Costa Rica. Global assessment report on disaster risk reduction, GAR 2013. UNISDR
- Cabaniel G, Rada L, Blanco JJ, Rodríguez-Morales AJ, E. J. 2005. Impacto de los eventos de El Niño Southern Oscillation (ENOS) sobre la leishmaniosis cutánea en Sucre, Venezuela, a través del uso de información satelital, 1994 - 2003. Revista Perú Medicina Exp Salud Publica., 22(1):32-38.
- Cabello C. y F. Cabello. 2008. Zoonosis con reservorios silvestres: amenazas a la salud pública y a la economía. Rev. Med. Chile (136): 385-393
- Carrillo J, M. Chinchilla, B. Valverde, O. Porras y L. Mora. 1999. Visceral Leishmaniasis in Costa Rica: first case report. Clin Infect Dis 29(3):678-9
- Carvajal, M., D. Geithman. 1976. Bosquejos población/ Population profiles. San José, C.R. Dirección General de Estadística y CENOS
- Chape S., J. Harrison, M. Spalding y I. Lysenko. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. Philosophical transactions: Biological Sciences 360(1454):443-455
- Chávez J. 2006. Contribución al estudio de los triatominos del Perú: distribución geográfica, nomenclatura y notas taxonómicas. Anales de la Facultad de Medicina. Lima. 67(1):65-76
- Chinchilla M., A. Castro, L. Reyes, O. Guerrero, O. Calderón-Arguedas y A. Troyo. 2006. Enfermedad de Chagas en Costa Rica: Estudio comparativo en dos épocas diferentes. Parasitología Latinoamericana (61):138-145

- Chinchilla M. y F. Montero-Gei. 1967. Observaciones sobre las condiciones de la vivienda en relación con la presencia de los transmisores de *Trypanosoma cruzi* en el cantón de Santa Ana. Acta Médica Costarricense (10):19-30
- Chinchilla M. y F. Montero-Gei. 1968. Enfermedad de Chagas en Santa Ana Costa Rica. Estudio parasitológico y serológico en 200 personas. Acta Médica Costarricense (11):211-217
- Combes C. 1996. Parasites, biodiversity and ecosystem stability. Biodiversity Conservation (5):965-962
- Daszak P. y A. Cunningham. 2002. Emerging Infectious Diseases. A key role for Conservation Medicine In: Aguirre AA, Ostfeld RS, Tabor GM, Pearl MC (Eds.). Conservation Medicine. Ecological Health in Practice. Oxford University Press, New York, USA 40-61
- Daszak P., A. Cunningham y A. Hyatt. 2000. Emerging infectious diseases of wildlife—threats to biodiversity and human health. Science 287 (5452): 443-449
- Daszak P., A. Epstein, A. Kilpatrick, W. Aguirre, A. Karesh y A. Cunningham. 2007. Collaborative research approaches to the role of wildlife in zoonotic disease emergence 463-475
- De Oliveira E. 2015. Anexo: Países por índice de desarrollo humano. Basado en el Informe sobre Desarrollo Humano 2015 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Obtenido el 14 de mayo de 2016 en: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses_por_%C3%ADndice_de_desarrollo_humano. el 14 de mayo de 2016
- Decreto Ejecutivo N° 7944 del 26 de enero de 1978. Ministerio de Planificación de Costa Rica.
- Dedet J., B. Pillot y M. Gentilini. 1991. Evaluation of the socioeconomic costs of cutaneous leishmaniasis in French Guiana. Rev. Epidemiol Sante Publique. 39(2):129-133
- Delgado L., S. Ramos y R. Barrera. 1994. Determinación de las variables que condicionan la Malaria en el Estado Sucre: a través de Sistemas de Información Geográfica y SENOSres Remotos. Memorias Jornadas Informática, Tecnología y Sociedad. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 24-37
- Delgado L., S. Ramos y E. Gordon. 2000. Modelo digital del terreno y procesamiento de imágenes digitales: herramientas para la detección de variables ambientales relacionadas con la malaria en el Estado Sucre, Venezuela. IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, Puerto Iguazú, Misiones. Memorias SELPER 848-856
- Delgado L., S. Ramos, N. Martínez y P. García. 2003. Ecología de paisajes, sENOSres remotos y sistemas de información geográfica: nuevas perspectivas para el manejo de problemas en salud pública, caso particular la Malaria en el Estado Sucre, Venezuela. Acta Científica Estudiantil 1(4):128-142
- Desjeux P. 2001. The increase in risk factors for Leishmaniasis worldwide. Trans R Soc Trip Med Hyg. 95(3): 239-243

- Dias J. 2007. Southern Cone Initiative for the elimination of domestic populations of *Triatoma infestans* and the interruption of transfusional Chagas disease. Historical aspects, present situation, and perspective. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 102(1):11-18
- Díaz L. 2011. Similitudes entre método clínico, experimental y epidemiológico. Método clínico. Facultad de Psicología, UNAM. 37pp
- Diamond J. 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* (418):700-707
- Dias J. y Borges R. 1982. Housing and the control of vectors of human Chagas' disease in the state of Minas Gerais, Brazil. *Bull. Pan. Am. Health Organ.* 16:117-129
- Díaz S., D. Tilman y J. Fargione. 2005. Biodiversity regulation of ecosystem services. En: Hassan R., R. Scholes y N. Ash (Eds.) *Ecosystems and human well-being: Current state and trends*, Vol. I. Findings of the condition and trends working group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington D.C. 297-329
- Dirección de la vigilancia de la salud. 2014. Análisis de situación de la salud en Costa Rica. Ministerio de Salud. 68-73pp
- Dobson A. y J. Foufopoulos. 2001. Emerging infectious pathogens of wildlife. *Phil Trans R Soc Lond B* (356): 1001-1012
- Drancourt M., V. Roux, L. Dang, L. Tran-Hung, D. Castex, y V. Chenal. 2004. Genotyping, *Yersinia pestis*-like *Yersinia pestis*, and plague pandemics. *Emerg Infect Dis* (10):1585-1592
- Dujardin J., P. Panzera y C. Schofield. 1999. Triatominae as a model of morphological plasticity under ecological pressure. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 94:223-228
- Elnaiem D.A., Schorscher J., Bendall A., Obsomer V., Osman ME., Mekkawi AM, Conno S y Ashford R.W. 2003. Risk mapping of visceral leishmaniasis, the role of local variation in rainfall and altitude on the presence and incidence of kala-azar in eastern Sudan. *American Journal Tropical Medicine Hyg.* 68:10-17
- Feldman H., M. Club, S. Jones, D. Dick, M. Garbutt, A. Grolla. 2002. Emerging and re-emerging infectious diseases. *Med Microbiology Immunology* (191):63-74
- Fernández M. 2012. Eco-epidemiología de vectores de *Leishmania* spp. en el noreste de la Argentina (Provincia de Misiones). Tesis para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 109pp
- Fernández J., Bello F., López M., Moncada L., Vargas J., Ayala M., Nicholls R. y Lozano C. 2006. Seroprevalencia de leishmaniasis visceral canina en la comuna 8 de Neiva y en cuatro municipios de Huila, Colombia. *Biomédica* 26(1):121-130
- Foley J., R. DeFries, G. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. Carpenter, F. Chapin, M. Coe, G. Daily, H. Gibbs, J. Helkowski, T. Holloway, E. Howard, C. Kucharik, C. Monfreda, J. Patz, I. Prentice, N. Ramankutty y P. Snyder. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309: 570-574

- FONAFIFO. 2009. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. Obtenido el 02 de abril de 2014 en:
[http://www.fonafifo.go.cr/paginas_espanol/biblioteca_virtual/e_bv_biblioteca_virtual.htm].
- Forman R. 1995. Land mosaics. The ecology of landscapes and regions Cambridge, Great Britain, Cambridge University Press 632p
- Fox, J. 2005. The R Commander: A basic-statistics graphical user interface to R. *Journal of Statistical Software*, 19(9):1-42.
- García D. 2004. Leishmaniasis cutánea: Estudio en el área sanitaria de Toledo. Tesis para optar al grado de Doctor. Departamento de Dermatología Médico-Quirúrgica y Venereología. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 196pp
- García F. 2008. Enfermedades infecciosas emergentes: interacción entre el mundo microbiano y las sociedades humanas. *Acta médica costarricense. Colegio de Médicos y Cirujanos* 50 (3): 136-143
- Gillespie T. y C. Chapman. 2006. Prediction of parasite infection dynamics in primate metapopulation based attributes of forest fragmentation. *Conserv. Biology* (20): 441-448
- Gómez, L.D. 1986. Vegetación de Costa Rica, apuntes para una biogeografía costarricense. *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Gómez, L.D. y W. Herrera (eds.) Primera edición, UNED. 323pp
- Gorla D., Dujardin J. y Schofield C. 1997. Biosystematics of Old World Triatominae. *Acta Tropical* 63:127-140
- Goosem M. 1997. Internal fragmentation: the effects of roads, highways, and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. In: Laurence W., R. Bierregaard (Eds.) *Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago 241-255
- Guhl F. 2006. Dinámica poblacional de las principales especies vectoras de la Enfermedad de Chagas en Colombia. Guhl F. (eds.) en: VI reunión de la IAPCEF-Colombia. 339-355
- Guhl F. 2006. El control de la transmisión vectorial. En: *La Enfermedad de Chagas a la puerta de los 100 años del conocimiento de una endemia americana ancestral*. Fundación Mundo Sano y OPS/CS/426-06
- Hassan R., R. Scholes y N. Ash (Eds.). 2005. Current state and trends, Vol. I. Findings of the condition and trends working group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington
- Harvell C., K. Kim, J. Burkholder, R. Colwell, P. Epstein, D. Grimes, E. Hofmann, E. Lipp, A. Osterhaus, R. Overstreet, J. Porter, G. Smith y G. Vasta. 1999. Emerging marine diseases-Climate link and anthropogenic factors. *Science* (285):1505-1510
- Hay S.T. 2006. Global environmental data for mapping infectious disease distribution. *Advance in Parasitology*. 37-77

- Heide-Jorgensen M., T. Harkonen, R. Dietz, P. Thompson. 1992. Retrospective of the 1988 European seal epizootic. *Dis Aquat Organisms* (13): 37-62
- Herrera C., Burgues M., Fajardo A., Montilla M., Triana O., Vallejo G. y Guhl F. 2007. Identifying four *Trypanosoma cruzi* isolate haplotypes from different geographic regions in Colombia. *Infection, Genetics and Evolution Journal* 7:535-539
- Hernández H. 1985. Costa Rica: evolución territorial y principales cENOS de población 1502-1984. 1ed. San José, CR: EUNED. En línea [http://ccp.ucr.ac.cr/bvp/mapoteca/CostaRica/generales/atlas_censal/index.htm]. VISTA EL 31 DE ENERO DE 2012
- Hernández- Avila M., F. Garrido-Latorre y S. López-Moreno. 2000. Diseño de estudios epidemiológicos. *Salud Pública de México* Vol. 42 (2):144-154
- Hidalgo A.L. 2007. Los modelos históricos-estructurales del desarrollo costarricense. Cuatro modelos que explican el funcionamiento del sistema socioeconómico costarricense a lo largo de su historia. *Observatorio de la Economía Latinoamericana. Revista académica de economía* (81)
- Holdridge L. 1969. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica
- Holmes J.C. 1996. Parasites as threats to biodiversity in shrinking ecosystems. *Biodiversity Conservation* (5):975-983
- Hontebeyrie M., Breniere S. y Aznar C. 2010. Other forms of transmisión. En: Telleria J., Tibayren M. (Eds.) *American trypanosomiasis. Chagas disease: one hundred years of research*. Elsevier Inc. 583-597
- Hobdell m., r, Lallo y N. Myburgh. 1999. The human development index and per capita gross national product as predictors of dental caries prevalence in industrialized and insdustrializing countries. *Ann NY Academic Sci.* 891(1):329-331
- ING (Instituto Geográfico Nacional). 2005. División territorial administrativa de la República de Costa Rica. Comisión Nacional de División Territorial Administrativa. Ministerio de Obras Públicas y Trasnportes. 254pp
- Jaramillo-Antillón O., Espinoza-Aguirre A. y Lobo Philp R. 2009. Estado actual de la Leishmaniasis en Costa Rica. *Acta Médica Costarricense, Colegio de Médicos Cirujanos* (31):158-164
- Jones S, R. Martin, D. Pilbeam. 1992 *The Cambridge encyclopedia of human evolution*. Cambridge, Great Britain: Cambridge University Press
- Johson P.T. y D.W. Thieltges. 2009. Diversity, decoys and the dilution effect: how ecological communities affect disease risk. *The Journal of Experimental Biology* 213:961-970
- Juan R., Stein, M., Willener J., Salomón O. y Gorodner J. 2005. Leishmaniasis Tegumentaria Americana. Fauna flebotomícina (Diptera: Psycodidae: Phlebotominae) en un área periurbana de la ciudad de Resistencia, provincia del Chaco, Argentina. *Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen M-052*

- Kamhawi S., G. Modi, P. Pimenta, E. Rowton E. y D. Sacks. 2000. The vectorial competence of *Phlebotomus segenti* is specific for *Leishmania tropica* and is controlled by species-specific, lipophosphoglycan mediated midgut attachment. *Parasitology* (121): 25-33
- Lambraño LF, Manjarrés G, B. E. 2012. Variación temporal de especies de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en el área urbana de Sincelejo, Colombia. *Revista Científica Salud Uninorte.*, 28(2), 191–200.
- Lane R. y R. Croskey (Eds.). 1993. *Medical Insects and Arachnids*. Chapman & Hall. London. 483pp
- Levane N., J. Corliss y P. Cox. 1980. A newly revised of the protozoa. *Journal Protozool* (27):37-58
- Levins R., T. Auerbach, U. Brinkmann. 1994. Spred of *Diadema* mass mortality trough the Caribbean. *Science* 226: 335-337
- Levy S., B. Marshall. 2004. Antimicrobial resistance worldwide: causes, challenges and responses. *Nature Medicine* (10):122-129
- Lewin R. 1998. *Principles of human evolution – a core textbook*. Blackwell Science
- Mafia M., Storino R., Urrutia M., Basaldúa M., Fora M., Zubrzycki B. y Valero A. 1997. Estudio inicial antropológico-epidemiológico sobre la Enfermedad de Chagas en la localidad de Asampay, departamento de Belén, provincia de Catamarca. V Congreso de Antropología Social. La Plata- Argentina
- Marín R., M. Marquetti, Y. Álvarez, J. Gutiérrez y R. González. 2009. Especies de mosquitos (Dipetara: Culicidae) y sus sitios de cría en la Región Huetar Atlántica, Costa Rica. *Revista Biomédica* 20: 15-23
- Martínez C., Almanza C. y Bejarano E. 2012. Estimación del tiempo de desarrollo de *Lutzomyia evansi* bajo condiciones experimentales. *Revista Salud Uninorte* 28(2):201-208
- McCullagh, P., J. Nelder. 1989. *Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall. Chapter 1.
- McCallum H., A. Dobson. 2002. Disease, habitat fragmentation and conservation. *Prc R Soc Lond* (269): 2041-2049
- Medina-Vogel G. 2010. Ecología de enfermedades infecciosas emergentes y conservación de especies silvestres. *Archivo Medicina Veterinaria* (42):11-24
- Menes M. 2009. Cruces experimentales entres especímenes silvestres, domésticos y peridomésticos de *Triatoma dimidiata*, principal vector del a Enfermedad de Chagas en Guatemala. Proyecto FODECYT N° 44-2007. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología y Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología. 64pp
- Méndez E. 1999. *Insectos y otros artrópodos de importancia médica y veterinaria*. Pacífico S.A. Panamá

- Ministerio de Salud. 2009. Boletines epidemiológicos. Disponibles en [http://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/inicio-vigilancia-salud-boletines-ms/cat_view/121-vigilancia-de-la-salud/154-boletines/195-boletines-vigilancia-de-la-salud/277-2011] [Consultado el 28 de noviembre de 2011]
- Ministerio de Salud. 2014a. Boletines epidemiológicos. Disponibles en [<https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/material-publicado>] [Consultado el 20 de agosto de 2016]
- Ministerio de Salud. 2014b. Análisis de situación de salud Costa Rica. Ministerio de Salud de Costa Rica. Dirección de vigilancia de la salud.
- Ministerio de Salud. 2016. Boletín epidemiológico N°25 2016. Zika, Chikungunya y Dengue (17 de agosto 2016). Costa Rica.
- MINAET: Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. 1998. Ley de Biodiversidad N° 7788. Disponible en: [<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1WpYBxw6Jy8J:www.iadb.org/Research/legislacionindigena/leyn/docs/C-R-Decreto-Ejecutivo-34433-08-Reglamento-Ley-Biodiversidad.doc+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>] (consultado el 9 mayo de 2012)
- Ministerio de Salud de Costa Rica. 2011. Boletín de Vigilancia de la Salud 277-2011. Disponible en: [http://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/inicio-vigilancia-salud-boletines-ms/cat_view/121-vigilancia-de-la-salud/154-boletines/195-boletines-vigilancia-de-la-salud/277-2011] (consultado el 25 de abril del 2012)
- Morand S., F. Bordes, K. Blasdell, S. Pilosof, J. Cornu, K. Chaisiri, Y. Chaval, J. Cosson, J. Claude, T. Feyfant, V. Herbreteau, S. Dupuy y A. Tran. 2015. Assessing the distribution of disease-bearing rodents in human-modified tropical landscapes
- Moreno-Altamirano A., S. López-Moreno y A. Corcho-Berdugo. 2000. Principales medidas en epidemiología. Instituto Nacional de Salud Pública, Salud pública en México. Vol 42 (4):337-348
- Morse J. 1995. Factors in the Emergence of Infectious Diseases. *Emerging Infectious Diseases (EID) Journal*. 1(1):8-26
- Murillo J. y R. Zeledón. 1985. Flebótomos de Costa Rica (*Diptera, Psychodidae*) Brenesia, Museo Nacional, número 23:137
- Nájera J. 1999. Prevention and control of Malaria epidemics. *Parassitologia* 41:339-347
- Nassar-Montoya, F. y V. Pereira-Bengoa. 2013. El estudio de la salud de la fauna silvestre. Teoría práctica transdisciplinaria para la conservación con ejemplos para Latinoamérica. Comvezcol y Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias. 278pp
- Newbold, T., F. Gilbert, S. Zalat, A. El-Gabbas y T. Reader. 2009. Climate-based models of spatial patterns of species richness in Egypt's butterfly and mammal fauna. *Journal. Biogeographic.*, 36: 2085–2095.
- Noireau F., P. Diosque P. y Jansen A. 2009. *Trypanosoma cruzi*: adaptation to its vectors and tis hosts. *Veterinary Research* 40:26

- Norman R., R.G. Bowers, M. Begons y P.J. Hudson. 1992. Persistence of Tick-borne Virus in the presence of multiple host species: Tick reservoirs and parasite mediated competition. *Journal Theory Biology* 200: 111-118
- Nupp T. y K. Swihart. 1998. Effect of forest fragmentation on population attributes of white-footed mice and eastern chipmunks. *Journal Mammal* 79: 1234-1243
- Oliveira AG, Galati EAB, Fernandes CE, Dorval ME, P. R. 2008. Seasonal variation of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in endemic area of visceral leishmaniasis, Campo Grande, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Acta Tropical* 105(1): 55–61.
- Olsen J, Christensen K, Murray J. Ekbom A. 2010. An introduction to epidemiology for health professionals.
- OMS (Organización Mundial para la Salud) 2007. Salud en las Américas. Vol. II-Países. Disponible en: [<http://www.paho.org/hia/archivosvol2/paisesesp/Costa%20Rica%20Spanish.pdf>] (consultado el 3 de marzo de 2012)
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2000. Segunda reunión de la comisión intergubernamental de la iniciativa de Centroamérica y Belice para la interrupción de la transmisión vectorial de la Enfermedad de Chagas por *Rhodnius prolixus*, disminución de la infestación domiciliar por *Triatoma dimidiata* y la eliminación de la transmisión transfusional del *Trypanosoma cruzi*. OPS/HCP/164/00
- Ortiz M. E. 2009. Atlas Digital de Costa Rica.
- Ostfeld R. y F. Keesing. 2000. Biodiversity and disease risk: the case of Lyme disease. *Conservation Biology* 14: 722-728
- Ostfeld R., G. Meffe, M. Perl. 2002. Conservation Medicine. The birth of Another Crisis Discipline. In: Aguirre A., R. Ostfeld, G. Tabor, M. Pearl (eds). *Conservation Medicine. Ecological Health in Practice*. Oxford University Press, New York, USA 17-26
- Ottaviani, E., Malagoli, D., Franchini, A. 2004. Invertebrate humoral factors: cytokines as mediators of cell survival. *Program Molecular Subcell Biology*. 34:1-25.
- Oumeish Y. 1999. Cutaneous Leishmaniasis: A historical perspective. *Clinic Dermatology* 17:249-254
- PAHO (Pan American Health Organization). 1995. Emerging and re-emerging infectious diseases: who responds to a global threat? Washington DC. National Academy.
- Palumbi S. 2001. Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science* (293):1786-1790
- Panzer F., I. Ferrandis, J. Ramsey, P. Slazar-Schettino, M. Cabrera, C. Monroy, M. Barges, S. Mas-Coma, J. O'Connor, V. Angulo, N. Jaramillo y R. Pérez. 2006. Genome size determination in Chagas Disease transmitting bugs (Hemiptera-Triatominae) by flow cytometry. Submitted *American Journal Tropical Medicine Hyg*

- Pearce, J. y S. Ferrier. 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecology Modeling* 133: 225-245.
- Pearson R. y Sousa A. 1996. Clinical spectrum of Leishmaniasis. *Clin Infect Dis.* Jan 22(1):1-13
- Peterson A.T., C. Sánchez-Cordero, B. Beard y J.M. Ramsey. 2002. Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease. *Emerging Infectious Disease* (8):662-667
- Pérez S. y F. Protti. 1978. Comportamiento del sector forestal durante el período 1950-1977. San José, Costa Rica: Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria (Documento-OPSA:15)
- Perruolo G. 2004. Aspectos ecológicos de *Lutzomyia* spp. (Diptera: Psychodidae) en un foco endémico de leishmaniasis cutánea en el Estado Táchira, Venezuela. *Bol Malarial Salud Ambient*, 44(1), 35–44.
- Phillips S., J. Anderson, P. Robert y R. Schapire. 2007. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 231-259
- Pinheiro, F. 1997. Re-emergence of dengue and emergence of dengue haemorrhagic fever in the Americas.
- Plan Regional de Competitividad Territorial. 2011. Región Hueta Atlántica, Visión 2012-2022+. Documento 1: diagnóstico
- Porter R. 1998. *The greatest benefit to mankind a medical history of humanity*. New York, W. W. Norton & Company
- Poveda G, G. N., & Epstein PR, Rojas W, Quiñones ML, Vélez ID, M. W. 2000. Climate and ENOS variability associated with vector-borne diseases in Colombia. In: *El Niño and the Southern Oscillation, Multiscale Variability and Global and Regional Impacts* (Diaz HF, Markgraf V, Eds). Cambridge, UK: Cambridge University Press., 183–204.
- Ramírez-Jaramillo V, Bedoya-Arias JE, Calvache-Benavides CE, Rodríguez-Morales AJ. 2014. Epidemiological surveillance, molecular biology and dengue 5. *Revista Peruana Medica Exp Salud Publica* 31:394-5.
- R Core Team. 2013. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponible en: [<http://www.R-project.org/>]
- Rioux J., J. Dereure y J. Perieres. 1990. Approche écologique du risque épidémiologique. L'exemple des leishmanioses. *Bulletin d'Ecologie* 21:1-9
- Rodríguez-Morales A., Y. Pascual-González, J. Benítez, M. López-Zambrano, R. Harter-Griep, L. Vilca-Yengle y Cárdenas R. 2010. Asociación entre la incidencia de Leishmaniasis cutánea y el índice de Desarrollo Humano y sus componentes en cuatro estados endémicos de Venezuela. *Revista Perú Medicina Exp. Salud Pública*. 27(1):22-30

- Romaña C., L. Emperaire y A. Jansen. 2003. Enfoques conceptuales y propuestas metodológicas para el estudio de las interacciones entre el medio ambiente y la salud: aplicación a un programa de investigación sobre la tripanosomiasis americana. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro. 19(4):945-953
- Romo H., P. Sanabria y E. García-Barros. 2012. Predicción de los impactos del cambio climático en la distribución de lepidópteros del género *Boloria* Moore, 1900 en la Península Ibérica (Lepidoptera: Nymphalidae). *SHILAP Revista Lepidoptera* 40(158): 1-20
- Rondolph S.E. y D.M. Dobson. 2012. Pangloss revisited: a critique of the dilution effect and the biodiversity-buffers-disease paradigm. *Parasitology*. 139:847-863
- Rojas J. 1992. Three research perspectives on transmission related risk factors for cutaneous leishmaniasis in Costa Rica. I. New strategy for the control of cutaneous leishmaniasis: the case of Acosta, Costa Rica. In editors Wijeyaratne P, Goodman T, Espinal C (Ed.), *Leishmaniasis control strategies: a critical evaluation of IDRC-supported research Ottawa*. Editorial International Development Research Center. 223–229.
- Rojas J., R. Zeledón, J. Murillo y A. Urbina. 1998. Identification of risk factor associated with cutaneous Leishmaniasis in Costa Rica. En: *Research on Control Strategies for the Leishmaniasis*. Walton B., P. Wijeyaratne y F. Modabber (Eds.) Ottawa: International Development Research Centre 244-251
- Rothhammer F., Standen V., Nunez L., Allison M. y Arriaza B. 1984. Origen y desarrollo de la tripanosomiasis en el área Centro-Sur Andina. *Revista Chungara* 12:155-160
- Sader S. y A.T. Joyce. 1988. Deforestation Rates and Trends in Costa Rica 1940 to 1983. *Biotrópica* (20): 11-19
- Salomón O., Sosa S., Monzani A. y Studer C. 2001. Brote epidémico de Leishmaniasis Tegumentaria en Puerto Esperanza, provincia de Misiones, 1998. *Medicina* (Buenos Aires). 61:385-390
- Salomón OD, Rossi GC, Cousiño B, Spinelli GR, Arias AR, P. D. 2003. Phlebotominae sand flies in Paraguay. Abundance distribution in the Southeastern region. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 98(2): 185–90.
- Samartino L. y Eddi C. 2010. Zoonosis de las áreas urbanas y periurbanas de América Latina. *Temas de Zoonosis IV*, capítulo 53. *Revista Veterinaria Argentina* on line: <http://www.veterinariargentina.com/revista/2010/10/temas-de-zoonosis-iv-capitulo-53-zoonosis-de-las-areas-urbanas-y-periurbanas-de-america-latina/> vista el 22 de mayo de 2013
- Santamaría, E., Ponce, N., Zipa, Y., y Ferro, C. 2006. Presencia en el peridomicilio de vectores infectados con *Leishmania* (*Viannia*) *panamensis* en dos focos endémicos en el occidente de Boyacá, piedemonte del valle del Magdalena medio, Colombia. *Biomédica*, 26 (1): 82-94
- Schofield C., J. Diotaiuti y J. Dujardin. 1999. The process of domestication in Triatominae. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 94:375-378

- Stephens D., E. Moxon, J. Adams, S. Altizer, J. Antonovics y S. Aral. 1998. Emerging and re-emerging infectious diseases: a multidisciplinary perspective. *Am J Med Sci* (315):64-75
- Suárez C. y D. Berdasquera. 2000. Enfermedades emergentes y reemergentes: factores causales y vigilancia. *Revista Cubana de Medicina y Genética Integral* (6):593-597
- Tabor G. 2002. Defining Conservation Medicine. In: Aguirre A., R. Ostfeld, G.Tabor, M. Pearl (eds). *Conservation Medicine. Ecological Health in Practice*. Oxford University Press, New York, USA 8-16
- Taylor, L.H., Latham, S.M. y Woolhouse, M.E. 2001. Risk factors for human disease emergence. *Phil. Trans. R. Society London* (356): 983-989.
- United Nations Development Programme (UNDP). 2006. Human development report 2006. *Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. New York: Oxford University Press
- Unión Geográfica Internacional. 1976. Land Use Survey Based On Remote Sensing From High Altitudes. In: *World land use survey utilization du sol dans le monde*, 28.
- Vallejo G. 2011. Ecoepidemiología de la enfermedad de Chagas en América Latina: relevancia de los triatominos vectores. XV Congreso de Parasitología y Medicina Tropical. *Biomédica* 31(3):52-55
- Van Riper C., Van Riper S.G., Goff M.L., Laird M. 1986. The epizootiology and ecological significance of malaria in Hawaiian land birds. *Ecology Nomography* (56):327-344
- Vásquez-Trujillo, A., González, A. E., Góngora, A., Cabrera, O., Santamaría, E., & Buitrago, L. S. 2008. Identificación de *Leishmania (Viannia) guyanensis* en caninos, en zona rural del municipio de Villavicencio, Meta, Colombia. *Orinoquia*, 12(2): 173-181.
- Weinbauer M. 2004. Ecology of prokaryotic viruses. *Microbiology Reviews* 28:127-181
- Weiss R. y A. McMichael. 2004. Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases. *Nature Medicine* (10):70-77
- WHO (World Health Organization). 1991. Control of Chagas disease. Technical Report Series 811
- WHO (World Health Organization). 1994. Outbreak of classic dengue, Costa Rica. *Wkly Epidemiology Recover* 69:85-6
- WHO (World Health Organization). 2000. Report on Global Surveillance of Epidemic-prone Infectious Diseases. WHO/CDS/CSR/ISR/2000.1
- WHO (World Health Organization). 2012. Enfermedades tropicales desatendidas. Disponible en: [http://www.who.int/neglected_diseases/diseases/en/index.html] (consultado el 20 de diciembre de 2012)
- Wood C., K.D. Lafferty, G. DeLeo, H. Young, P. Hudson y A. Kuris. 2014. Does biodiversity protect humans against infectious disease? *Ecology* 95(4):817-832

- Wood B., K.O. Pope y M. Rodríguez. 1989. Characterization and monitoring of disease vector habitats in Chiapas, Mexico. III Simposio Latinamericano sobre SENOSres Remotos, Memoria SELPER. Universidad Nacional Autónoma de México, México).
- Woodbrige J. 2006. Una propuesta integral de desarrollo.Región Huetar Atlántica. Consejo Nacional de la Competitividad. Limón Compite
- Woolhouse, M.E. y Gowtage-Sequería S. 2005. Host Range, Emerging and Reemerging Pathogens. *Emerging Infectious Diseases* 11(12):1842-184
- Yáñez-Cajo D., Moreno M., Chaguamate L. Valencia N. y Rueda-Ayala V. 2016. Aplicación de modelos de nicho ecológico para estudios epidemiológicos: *Triatoma dimidiata*, vector de la Enfermedad de Chagas en Ecuador. *Revista Politecnica* 37(1)
- Young D. y M. Duncan. 1994. Monographic works on insects are published Memoirs of the American Entomological Institute. Number 54. Associated Publishers. Florida. 865pp
- Yumiseva C.A. 2014. Modelamiento predictivo de distribución de *Rhodnius ecuadoriensis*, vector principal de la enfermedad de Chagas en Ecuador. Tesis para optar por el Título de Magister en Sistemas de Información Geográfica. Universidad San Francisco de Quito. 86pp.
- Zavala-Velázquez J.E., J. Ruíz-Sosa, I. Vado-Solis, A.N. Billing y D.H. Walker. 1999. Serologic study of the prevalence of rickettsiosis in Yucatán: Evidence for a prevalent spotted fever group rickettsiosis. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* (61):405-408
- Zeledón R. 1952. Estado actual de los estudios epidemiológicos sobre enfermedad de Chagas en Costa Rica. *Revista Médica Costa Rica* (11):169-179
- Zeledón R. 1981. El *T. dimidiata* (Latreille, 1812) y su relación con la Enfermedad de Chagas. EUNED, San José, Costa Rica. 164pp
- Zeledón R., J. Murillo y H. Gutiérrez. 1985. Flebótomos antropófilos y Leishmaniasis cutánea en Costa Rica. *Bol Of Saint Panam* 99:162-163
- Zeledón R., Ponce C., Soto R.A. y Murillo J. 1977. A method for the isolation of *Leishmania braziliensis* from sandflies. V International Congress of Protozoology. Abstrac of Papers. New York. 196pp
- Zeledón R., Ponce C., Méndez-Galván J. 2007. Epidemiological, social, and control determiants of Chagas disease in Central America and México – Group discussion. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 102(1):45-46
- Zeledón R., G. Solano, L. Burstin y J. Welder. 1975. Epidemiological pattern of Chagas disease in an endemic area of Costa Rica. *American Journal Tropical Medicine and Hyg* (24):214-215
- Zeledón R. y Vargas L. 1984. The role of dirt floors and firewood in rural dwellings in the epidemiology of Chagas disease in Costa Rica. *America Journal Tropical Medicine Hyg.* 33:232-235

ANEXOS

ANEXO A. PRESENCIA ESPACIO-TEMPORAL DE LEISHMANIASIS EN COSTA RICA (2005-2015)

Se observó que la presencia de Leishmaniasis no estaba asociado a la provincia en Costa Rica ($\chi^2=0,035$; $gl=6$, $p<0,05$). La Región Huetar Atlántica, compuesta por la provincia Limón, es la que mayor incidencia mantiene en los años 2005 a 2015 (figura 18).

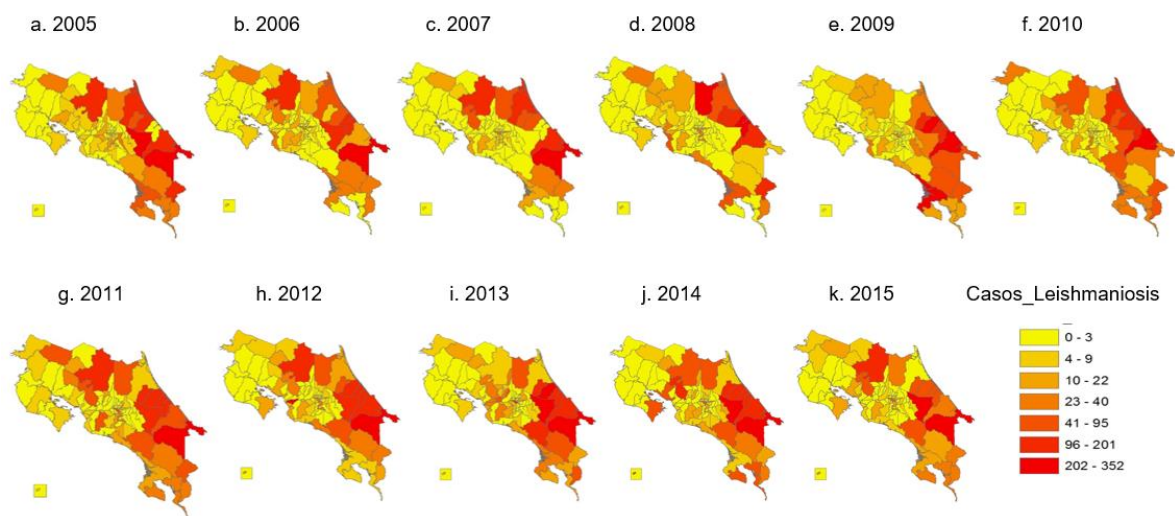


Figura 18. Distribución espacial de Leishmaniasis en Costa Rica, años 2005 - 2015. La escala muestra el número de casos en todo el territorio nacional, en donde amarillo es 0 casos y rojo escarlata es la mayor incidencia de casos.

ANEXO B. INCIDENCIA DE LEISHMANIASIS EN COSTA RICA (1973-2015)

En total los casos positivos a Leishmaniasis en Costa Rica, desde 1973 hasta 2015, fueron de 41560 con un promedio de $1154,4 \pm 564,1$ (DE). Reportándose para el año 2001 el menor número de casos (425) mientras que en 1984 los casos alcanzaron el mayor histórico de la enfermedad (2694). La tasa promedio de la incidencia de Leishmaniasis en el país, para los años 1973 a 2015 fue de $47,4 \pm 22,6$ (DE). Los casos de Leishmaniasis, y por tanto la tasa de incidencia en Costa Rica cuentan con un rango muy amplio entre el mínimo de casos y el máximo, existiendo datos atípicos que influyen la media. En este sentido, la mediana está reflejando mejor el comportamiento de los casos y la tasa de incidencia de Leishmaniasis en Costa Rica al no ser influenciada por datos atípicos (cuadro 5).

Cuadro 5. Resumen estadístico descriptivo de los casos y tasas (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis en Costa Rica a partir del año 1973 hasta el 2015. DE: desviación estándar.

	Mediana	Media	DE	Mínima	Máxima
Casos	1029,5	1154,4	564,1	425	2694
Tasa	42,4	47,4	22,6	16,3	111,5

La presentación de la Leishmaniasis no es constante, se pueden ver variaciones entre los años del estudio pudiéndose notar picos de incidencia en la década de los ochenta. Asimismo, se evidenció una tendencia al incremento de los casos positivos en los años 2001 hasta 2007 y de los años 2010 hasta 2015 (figura 19).

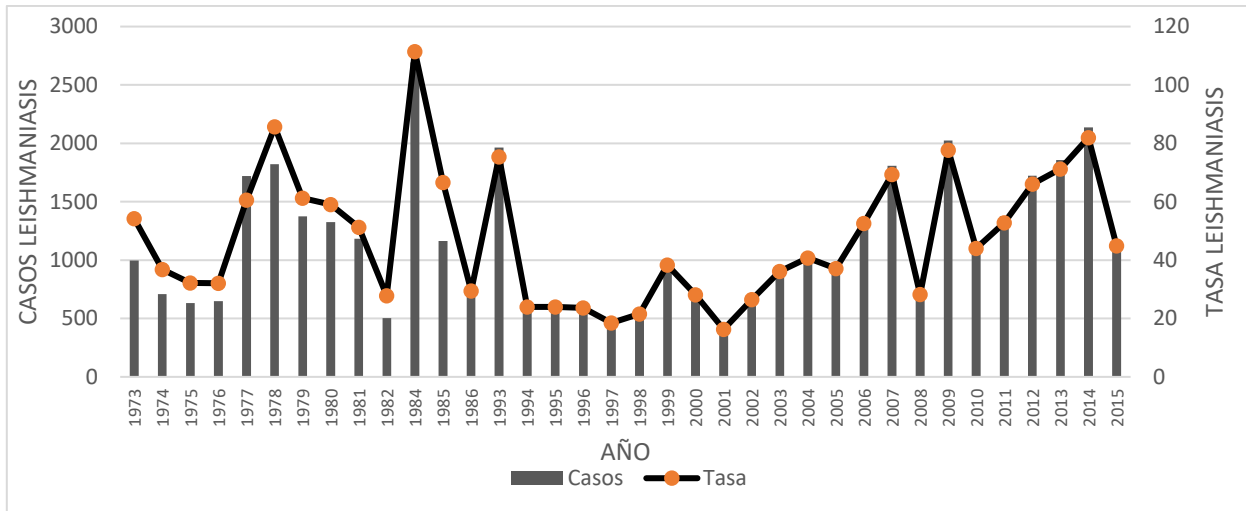


Figura 19. Relación temporal entre el número de casos y tasa (casos/100.000 habitantes) de incidencia de Leishmaniasis a nivel nacional, Costa Rica 1973-2015.

ANEXO C. ASOCIACIÓN USO DE SUELO Y LA PRESENTACIÓN DE LEISHMANIASIS EN COSTA RICA

Para Costa Rica, se evidenció que la presentación de Leishmaniasis se comportó de forma similar en las diferentes categorías de Uso de Suelo (figura 20). Asimismo, se encontró asociación entre el Uso de suelo y la presentación de Leishmaniasis ($\chi^2=0,005$; $gl=9$; $p>0,05$).

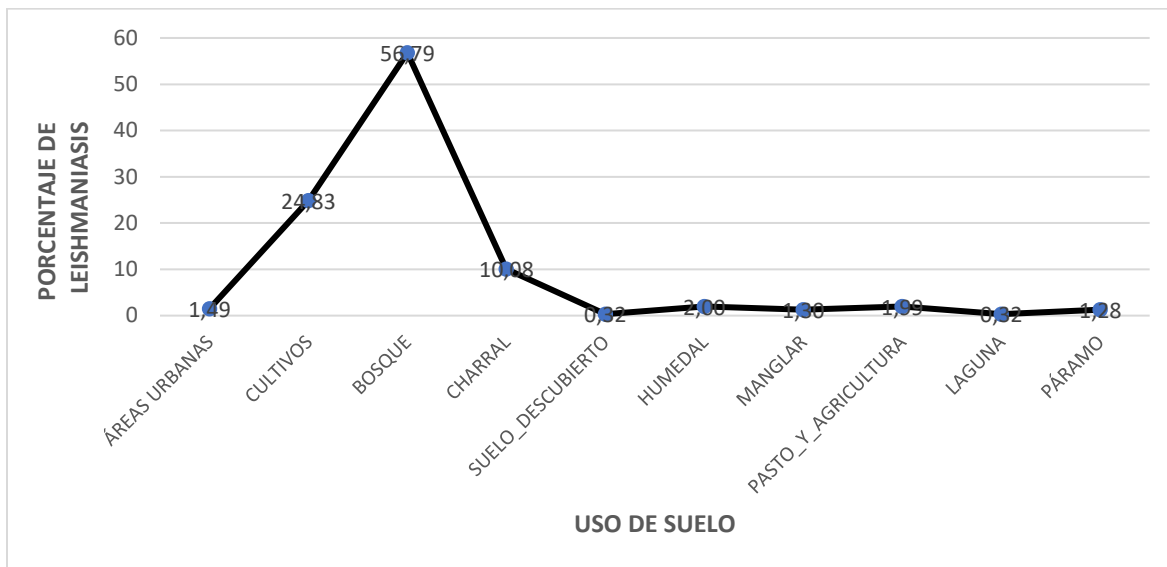


Figura 20. Presentación de Leishmaniasis en los años 2005 al 2015 según el Uso de Suelo en Costa Rica.

ANEXO D. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LEISHMANIASIS EN COSTA RICA (2005-2015)

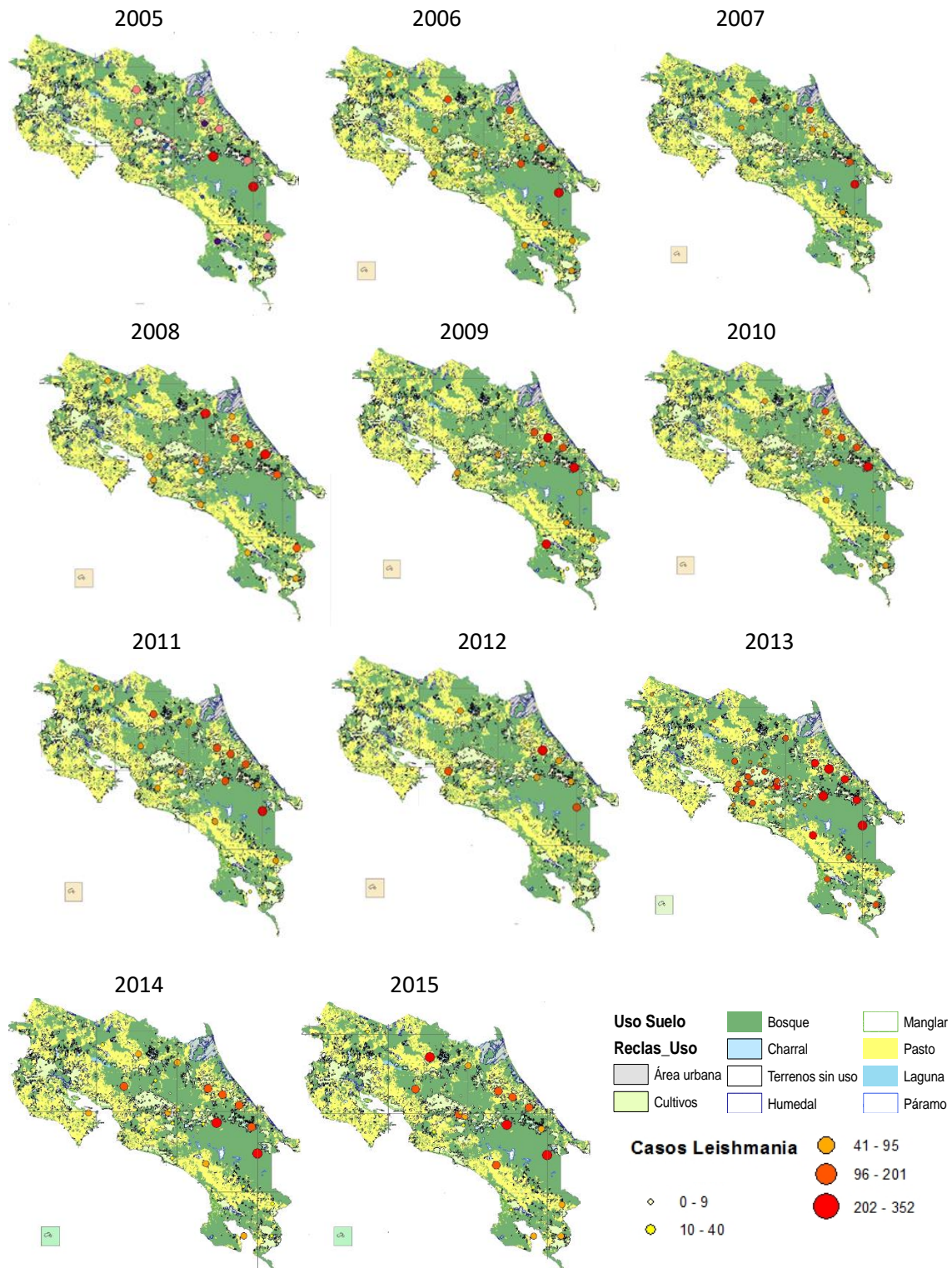


Figura 21. Distribución espacial de los casos de Leishmaniasis en Costa Rica en los años 2005 a 2015.