



ISSN 1011-484X

REVISTA GEOGRÁFICA DE AMÉRICA CENTRAL

58

ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR



CONTENIDO CONTENTS

	Pág.
PRESENTACIÓN PRESENTATION <i>Lilliam Quirós-Arias</i> <i>Consuelo Alfaro-Chavarría</i>	9
TEORÍA, EPISTEMOLOGIA Y METODOLOGIA THEORY, EPISTEMOLOGY AND METHODOLOGY	
Los estudios de riesgos naturales y antrópicos a través de cuatro décadas en la Revista Geográfica de América Central (1974 – 2015) Natural and anthropic risk studies in four decades in the Geographical Journal of Central America (1974 - 2015) <i>Adolfo Quesada-Román</i>	17
Gobernanza en el análisis del bienestar social Governance in the analysis of social welfare <i>Guillermo Calderón-Ramírez</i>	45
Conceptos básicos en geodesia como insumo para un tratamiento adecuado de la información geoespacial Basic concepts in geodesy as an input for adequate treatment of geospatial information <i>Jorge Moya-Zamora</i> <i>Bepsy Cedeño-Montoya</i>	71

O estudo da cidade e do cidadão: a classe como intervenção didática para ensinar geografia

The city and citizen study: the class as didactic intervention to teach geography

Ana Claudia Ramos-Sacramento 101

Geopolítica e fronteira oeste: diálogos com Meira Mattos e Couto e Silva

Geopolitics and west border: dialogues with meira mattos and couto e silva

Jussaramar da-Silva

Nataniél Dal-Moro 125

ESTUDIOS DE CASO

CASE STUDIES

Desarrollo de inventarios de emisiones de gases efecto invernadero, una herramienta de apoyo en la agenda local de cambio climático: caso San José

Greenhouse gas emissions inventories as a tool that supports the climate change local agenda: San Jose experience

Jorge Herrera-Murillo

José Félix Rojas-Marín

Andrea Quirós-Fallas

Carolina Balma-Montero

Deivis Anchía-Leitón 153

Interpretación de los sismos pequeños y moderados bajo el Volcán Irazú

Interpretation of small to moderate seismicity under Irazú Volcano

Montserrat Cascante-Matamoros

Hernán Porrás-Espinoza 181

Evaluation of the recent intraplate seismic activity on Cochinos Bay, Cuba

Evaluación de la actividad sísmica de interior de placa reciente en la Bahía de Cochinos, Cuba

Mario Octavio Cotilla-Rodríguez 195

Estudio de la movilidad ciclista en un sector de los cantones Cartago y el Guarco, de la provincia Cartago, Costa Rica

Bicycle mobility study in a sector of the Cartago and el Guarco towns of the province of Cartago, Costa Rica

Mauricio Torres-Paniagua

Henry Hernández-Vega 223

Distribución geográfica de los niveles de prevalencia del consumo de drogas en población de educación secundaria en Costa Rica, 2015

Geographical distribution of prevalence levels drug use in population of high school education in Costa Rica, 2015

William Chacón-Serrano 253

Caracterización de la cobertura vegetal dentro de la franja de protección del río Copey, Jacó, Puntarenas, Costa Rica.

Characterization of vegetation cover and land use within the buffer zone of copey river, Jacó, Puntarenas, Costa Rica.

David Matthey-Trigueros

Jonathan Navarro-Picado

Priscilla Obando-Rodríguez

Alicia Fonseca-Sánchez

Christian Núñez-Solís 275

Tendencia pluviométrica y concentración estacional de precipitación en la cuenca hidrográfica del Río Moxotó – Pernambuco – Brasil

Rainfall tendencies and seasonal rainfall concentration in Rio Moxotó Watershed - Pernambuco – Brazil

Keyla Manuela Alencar-da Silva-Alves

Ranyére Silva-Nóbrega 295

Índice de vulnerabilidad del recurso hídrico con fines de riego en la cuenca hidrográfica del río Naranjo, Cuba

Index of vulnerability of water resources for irrigation in the basin of Naranjo river, Cuba

Yoandris García-Hidalgo.....315

O município e o planejamento do território rural no Brasil

The municipality and rural territory planning in Brazil

Amanda Pires-de-Mesquita

William Rodrigues-Ferreira.....331

NOTAS Y DOCUMENTOS

NOTES AND DOCUMENTS

Normas de publicación

Publication guidelines.....359

Sistema de arbitraje

Peer review process.....369

PRESENTACIÓN PRESENTATION

La **REVISTA GEOGRÁFICA DE AMÉRICA CENTRAL** es una publicación de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar de la Universidad Nacional de Costa Rica, publicada periódicamente por la Editorial de la Universidad Nacional (EUNA) desde el año 1974.

La revista está destinada a difundir la Ciencia Geográfica y afines en todos los ámbitos, mediante la publicación de trabajos originales, informes inéditos o adelantos de investigación que tengan especial relación con América Central, abordando temáticas propias de la Geografía: estudios regionales, problemáticas urbano/rural, ordenamiento territorial, recursos naturales y su relación con el medio, manejo de cuencas hidrográficas, ciencias de la información geográfica, análisis demográfico, temas relacionados con epistemología y enseñanza de la Geografía. Además, constituye un foro de expresión de la opinión profesional y de la discusión académica y como tal, en él tienen cabida todos los aportes científicos que buscan esta finalidad.

En esta oportunidad, corresponde a la publicación No. 58 de la Revista Geográfica de América Central del I semestre de 2017 (enero a junio). Incluye 14 artículos ubicados en las diferentes secciones de la revista: teoría, epistemología y metodología, estudios de caso y notas y documentos. Disponible en versión impresa y digital, esta última se puede encontrar en el siguiente link <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica>.

En el primer artículo se identifica la influencia tanto internacional como nacional de las tendencias epistemológicas y técnicas en la gestión del riesgo de desastres (GRD). Se analizaron las investigaciones publicadas

como artículo en la Revista Geográfica de América Central entre 1974 y 2015, de las cuales fueron identificados 114 documentos con tópicos asociados a los riesgos naturales y antrópicos. Se catalogaron ocho subtemáticas: amenazas sísmicas, amenazas volcánicas, amenazas por procesos de ladera, amenazas hidrometeorológicas, cambio climático, degradación ambiental y erosión de los suelos, vulnerabilidad, y epistemología de la gestión del riesgo de desastres en Costa Rica y Latinoamérica. Como resultado de esta investigación fue posible identificar un aumento considerable de trabajos asociados a la GRD a partir de finales de la década de 1980.

En el segundo artículo se destacan conceptos claves para el estudio de la pobreza; a saber, conceptos de política, Estado-Nación, política pública-política social y región llevan a un profundo análisis de la pobreza y gobernanza, desde una perspectiva de la geografía política. Al experimentar distintas concepciones de pobreza y medición de la misma se parte con la idea de definir por medio de la gobernanza una serie de posibles términos que en su conjunto puedan favorecer la operacionalidad de la pobreza. Como estudio de caso el artículo contextualiza los conceptos en seis regiones socioeconómicas de Costa Rica, caracteriza las políticas públicas a través de los programas sociales de vivienda, salud, educación y renta. Concluye que parece existir una inmovilidad de las políticas junto a sus programas de acción. Se discute la tesis del posible estancamiento que se viene dando desde las dos últimas décadas (1990-2010).

El tercer artículo muestra una serie de conceptos fundamentales en la geodesia, los cuales se relacionan principalmente con el entendimiento de los sistema de referencia, marcos de referencia, datum geodésico, tipos de coordenadas y proyección cartográfica, de forma de establecer una base general de definiciones que le permitan a los usuarios y profesionales vinculados con las demás geociencias, contar con una referencia de fácil consulta. Se hace referencia al Sistemas Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), su rol e importancia como el proyecto geodésico de mayor impacto técnico en Latinoamérica. Gracias a SIRGAS, Costa Rica cuenta hoy con más de una decena de estaciones GNSS de operación continua, cuyas coordenadas geocéntricas constituyen la base geodésica de mayor exactitud con la cuenta el país.

El cuarto artículo discute cómo las lecciones de geografía de una enseñanza histórico-crítico pueden ser considerados como un marco teórico

sobre los contenidos y conceptos de ciudad y urbana. A partir de la metodología de investigación de la etnografía escolar se entiende el espacio de la clase y construir formas de enseñanza crítica y reflexiva. Las actividades presentadas se llevaron a cabo en las clases de segundo y tercero años de dos escuelas secundarias en dos escuelas públicas en el estado de Río de Janeiro. Los resultados muestran que cuando se trabaja con este diseño didáctico, los estudiantes se convierten en sujetos activos.

El quinto artículo analiza la importancia de los pensadores y formuladores de proyectos Carlos de Meira Mattos e Golbery do Couto e Silva en asuntos de geopolítica, especialmente en la época de la Dictadura Civil-Militar brasileña (1964-1985). Se cotejan los escritos de estos autores especialmente los publicados en forma de libro y se esboza el pensamiento de estos formuladores de políticas nacionales con respecto a la frontera oeste de Brasil. Así como estos proyectos fueron imprescindibles para la densa del territorio nacional y de la nación brasileña y cuales tipos de acciones efectuaron.

En el sexto artículo se elaboró un inventario de emisiones de gases efecto invernadero para el cantón de San José, lo que representa un insumo base para orientar la agenda local en materia de cambio climático. Se aplicó un enfoque metodológico adaptado de las guías del IPCC y el protocolo GHG para ciudades. Como resultado, durante el año 2011 se generaron en total 820 295 toneladas de CO₂ equivalente. En orden de importancia, las fuentes móviles aportaron un 84,7% de las emisiones, seguidas del consumo de electricidad en el sector residencial y general (7,7%) y las fuentes fijas del sector industrial (1,4%). Las emisiones de tipo directo contribuyeron a un 90,9% del inventario mientras que las indirectas (alcance 2) representan el 9,1%. En promedio cada vivienda del cantón genera alrededor de 0,41 Ton de CO₂ eq/año; sin embargo, este indicador varía desde 0,66 Ton de CO₂ eq/año en la Uruca hasta 0,33 Ton de CO₂ eq/año en Hatillo.

El séptimo artículo se refiere a la sismicidad en el Volcán Irazú, la cual históricamente ha sido esporádica. A partir de esta actividad sísmica se han calculado un total de 7 mecanismos focales utilizando la polaridad de primeros arribos. Se realizó un estudio de inversión de esfuerzos utilizando el método PTB. Los resultados indican que la actividad sísmica se produce a profundidades entre 0-6 km en el flanco Oeste del macizo volcánico. Los mecanismos focales muestran una cinemática variada, los ángulos de

los planos tienen una media de 55° y la dirección de inclinación es hacia el Sur-Oeste-Oeste. La inversión de esfuerzos sugiere una extensión pura con un valor de $R' = 0,5$. La profundidad donde ocurren los eventos sísmicos y el ángulo medio de los planos hace suponer que el límite dúctil-frágil se encuentra por encima de lo teóricamente establecido. Se plantea que la fuente sísmica bajo el Volcán Irazú está directamente relacionada con la presencia de magma cerca de la superficie, el cual produce adelgazamiento de la corteza y fallamiento normal asociado.

El octavo artículo presenta el modelo de celdas geodinámicas para la Unidad Sismotectónica Occidental de Cuba. Explica la ocurrencia de un terremoto de interior de placa (21.01.2015 / $m_b = 4.1$ / $h = 16$ km / 22.216 N 81.422 W) en la Ciénaga de Zapata – Bahía de Cochinos. El evento sísmico principal está asociado al nudo K8, Bahía de Cochinos, donde dos fallas (Cochinos y Surcubana) existen.

En el noveno artículo presenta un estudio de la movilidad en bicicleta en sectores de los distritos San Francisco, Guadalupe y Quebradilla del cantón Cartago, y de los distritos Tobosi y Tejar del cantón El Guarco, en Costa Rica. El estudio de movilidad incluyó la evaluación de mapas con curvas de nivel en el sector con el fin de determinar las zonas que presentan una topografía favorable para el tránsito en bicicleta. Se efectuaron conteos de bicicletas y encuestas para estudiar la movilidad y caracterizar a los ciclistas. Se generó una red de movilidad ciclista. Los usuarios de la bicicleta en la zona, son generalmente adultos jóvenes quienes viajan por motivo de trabajo y que pertenecen a un estrato socioeconómico específico. La zona posee características espaciales que propician el ciclismo y que pueden ser potenciadas con mejoras en la infraestructura.

El décimo artículo se presenta un estudio de caso de lo ha sido el consumo de drogas en la población de educación secundaria en Costa Rica en los últimos diez años; población que ha experimentado un aumento de ingesta de sustancias psicoactivas como el alcohol y la marihuana. Los niveles de prevalencia muestran variaciones importantes desde el 2006, año en que se han realizado esfuerzos por monitorear el consumo en ésta población. Para el estudio del 2015, se incorporaron variables de tipo geográficas que pudieran representar los indicadores de consumo a nivel de provincia y región para dar una perspectiva más amplia del fenómeno en la población costarricense. Se logró evidenciar el comportamiento

diferenciado de los niveles de prevalencia en las diferentes provincias, lo que abre el debate de las condiciones por provincia en el comportamiento del fenómeno.

El undécimo artículo tiene como objetivo caracterizar la cobertura vegetal y usos de suelo dentro de la franja de protección a lo largo del cauce río Copey. Siendo que los ríos son de los ecosistemas más afectados por las actividades del ser humano. Se recorrió el cauce del río generando puntos de control geoposicionados de las categorías de usos de suelo, variaciones en la vegetación y toma de fotografías; luego, por medio de fotointerpretación de imágenes a juicio de expertos se generaron tres mapas, además de gráficos de caracterización de la vegetación de tres zonas. Se categorizaron 11 tipos de uso de suelo, en donde predomina el bosque denso. En la parte alta predomina la cobertura boscosa, en la parte media pastizales con borde arbustivo y en la parte baja infraestructura urbana. La principal conclusión es que existe gran área sin infraestructura urbana ni vegetación, por lo que es de gran potencial para esfuerzos de restauración.

En el doceavo artículo tiene como objetivo identificar posibles tendencias en la serie de datos de precipitación; e identificar la concentración estacional de la precipitación, para definir los meses más lluviosos de la cuenca hidrográfica del río Moxotó, la cual está ubicada en la región Semiárida de Brasil. Dado que según datos de IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), el Semiárido sería una de las regiones de Brasil que más presentaría alteraciones climáticas futuras por efecto de actividades humanas. El uso del test estadístico el Mann-Kendall es ideal para la detección de tendencias en series de datos climáticos. El test Mann-Kendall fue aplicado en una serie temporal de 1930 a 2014, los datos fueron obtenidos de 32 estaciones meteorológicas APAC – Agencia Pernambucana de Aguas y Clima) que están distribuidas por toda el área de la cuenca.

En el treceavo artículo se presenta el análisis de vulnerabilidad de la cuenca del río Naranjo-Cuba, es un estudio técnico de diagnóstico que aporta información básica y estratégica para el plan de gestión integral del recurso hídrico. Para el estudio, se tomaron seis puntos representativos de la cuenca. La vulnerabilidad de la cuenca se determinó a través de los indicadores del régimen hidrológico y calidad del agua con base en los criterios de FAO para aguas de riego. Como resultado se determinó que

el índice de la vulnerabilidad por desabastecimiento se ha incrementado de moderada a alta, es atribuido por la muy baja capacidad de regulación y retención hídrica y el uso moderado del recurso. Las aguas son no aptas para el riego de los cultivos agrícolas, tienen restricciones ligeras a moderadas. Existe peligro de alcalinización de los suelos producto de las concentraciones de bicarbonato en las aguas. La vulnerabilidad podría incrementarse con la presencia de algunos factores derivados con el cambio climático, por efecto de reducción en la oferta y por una mayor demanda de agua de las actividades agrícolas de la zona.

Finalmente el catorceavo artículo tiene como objetivo explicar cómo las áreas rurales de Brasil son abordadas en los documentos de planeamiento municipal; para esto, se utilizó los documentos oficiales, autores y teorías que tratan sobre el Planeamiento Territorial Municipal y Planeamiento Territorial Rural. A partir del análisis se observó que las áreas rurales obligatoriamente, deben ser abordadas en los Planos Directores Municipales por el Estatuto de la Ciudad; que son tratadas en la mayoría de los casos como sinónimo de naturaleza y ambiente y como áreas de complemento de las ciudades. Para que el abordaje de estas áreas contemple la población rural y sus necesidades es necesario comprender la multiplicidad de funciones y características, las cuales precisan de ser consideradas durante el planeamiento territorial del municipio. El Plan Director como principal instrumento de ordenamiento del territorio puede y debe contribuir con la mejoría en la calidad de vida de la población rural del municipio.

De esta forma, se aprovecha para invitarlos a visitar el sitio electrónico de la revista (<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica>), donde encontrarán en formato PDF todos los números de la revista desde su creación.

Esperando que este número sea de gran utilidad para los interesados en los estudios geográficos.

Saludos cordiales,

MSc. Lilliam Quirós Arias
Mag. Consuelo Alfaro Chavarría



**TEORÍA, EPISTEMOLOGÍA
Y METODOLOGÍA**

**THEORY, EPISTEMOLOGY
AND METHODOLOGY**

LOS ESTUDIOS DE RIESGOS NATURALES Y ANTRÓPICOS A TRAVÉS DE CUATRO DÉCADAS EN LA REVISTA GEOGRÁFICA DE AMÉRICA CENTRAL (1974 – 2015)

NATURAL AND ANTHROPIC RISK STUDIES IN FOUR DECADES IN THE GEOGRAPHICAL JOURNAL OF CENTRAL AMERICA (1974 - 2015)

Adolfo Quesada-Román¹
Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es identificar la influencia tanto internacional como nacional de las tendencias epistemológicas y técnicas en la gestión del riesgo de desastres (GRD) en Costa Rica, para lograrlo, se analizaron las investigaciones publicadas como artículo en la Revista Geográfica de América Central entre 1974 y 2015, de las cuales fueron identificados 114 documentos con tópicos asociados a los riesgos naturales y antrópicos. Se lograron catalogar ocho clases temáticas: amenazas sísmicas, amenazas volcánicas, amenazas por procesos de ladera, amenazas hidrometeorológicas, cambio climático, degradación ambiental y erosión de los suelos, vulnerabilidad, y epistemología de la gestión del riesgo de desastres en Costa Rica y Latinoamérica. Como resultado de esta investigación fue posible identificar un aumento considerable de trabajos asociados a la GRD a partir de finales de la década de 1980 con una clara diversificación en las temáticas abordadas.

Palabras clave: gestión del riesgo de desastres, amenazas naturales, vulnerabilidad, riesgos naturales, riesgos antrópicos

¹ Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: adolfo.quesada.roman@una.cr; adolfo.quesada@gmail.com

Fecha de recepción: 1 de agosto de 2016
Fecha de aceptación: 22 de agosto de 2016

ABSTRACT

The aim of this work is to identify the influence of the international and national epistemological trends and the techniques in the risk management of disasters (RMD) in Costa Rica. To do this, the journal papers of the Geographical Journal of Central America between 1974 and 2015 were analyzed -114 included topics related to natural and anthropogenic risks. They were classified into eight thematic classes: seismic hazards, volcanic hazards, slope processes hazards, hydrometeorological hazards, climate change, environmental degradation and soil erosion, vulnerability, and epistemology of risk management disasters in Costa Rica and Latin America. As a result of this work, it was possible to identify a significant increase in jobs related to the GRD from the late 1980's, with a clear diversification of the issues addressed.

Keywords: Disaster risk management, natural hazards, vulnerability, natural risks, anthropic risks

Introducción

Los distintos territorios que conforman la superficie terrestre son producto de una intrínseca relación entre el ser humano y la naturaleza a partir de respuestas culturales, socioeconómicas, políticas y geográficas. De acuerdo a Toscana (2006), la primera discusión social sobre desastres en Occidente se dio en torno al terremoto de Lisboa en 1755, el cual tuvo una magnitud de 8.5 en la escala de Richter y se presentó el 1 de noviembre de 1755 (día de Todos los Santos) cuando había muchas personas en misas, además, se produjo un tsunami de casi 15 m de altura; posteriormente, la ciudad ardió en fuego durante 6 días, para culminar con intensos saqueos por parte de algunos sobrevivientes, el desastre tuvo un total de 15 mil muertos.

Dicha disertación se dio no sólo por la magnitud e intensidad del sismo sino por el contexto cultural y las acciones para reparar los daños; sino que este evento llamó la atención de notables filósofos de la época entre ellos Voltaire, Leibniz, Pope, Kant y Rousseau, de donde se origina la primera discusión científica social de los desastres. Este evento tuvo importantes implicaciones a largo plazo, entre ellas el significado de una catástrofe dentro del contexto de la Ilustración, ya que fue un tema de debate intelectual. Rousseau argumentó que la localización de la ciudad la hicieron susceptible a sufrir sismos y tsunamis; y el patrón urbano y el tipo de construcción la hicieron susceptible a daños por sismos, lo que se podría considerar como las bases de la vulnerabilidad. Además, es de recalcar que fue la primera vez que un Estado aceptó la responsabilidad de asumir las consecuencias del sismo, dado que Portugal movilizó la respuesta ante la emergencia y desarrolló un esfuerzo colectivo para la reconstrucción

(Toscana, 2006). Este evento fue un hito histórico para forjar conceptos y teorías basados en la ciencia y un incipiente desapego de las creencias religiosas o esotéricas que acusaban a castigos divinos o sobrenaturales sus desgracias asociadas a los desastres producto de la dinámica terrestre.

Las formas actuales de tratar los desastres para su estudio tienen sus bases conceptuales en los trabajos pioneros que definieron dos líneas de investigación desde mediados del siglo XX: la geográfica y la sociológica. La línea geográfica se desarrolla dentro de la Escuela de Ecología Humana de la Universidad de Chicago a finales de la década de 1920 por Dewey, quien planteó que la humanidad existe en un mundo natural innatamente peligroso lo que es inseguro para los humanos, quienes viven en un círculo vicioso de problemas ambientales sin resolver (Toscana, 2006). Estos postulados fueron la base para la obra de Gilbert White a mediados del siglo XX, entre 1930 y 1960, basados en análisis de zonas de inundación y otras amenazas naturales en Estados Unidos, cuando inicia con las distinciones entre “fenómeno natural peligroso”, “desastre”, y “riesgo” (White, 1942, 1974). Posterior a la Segunda Guerra Mundial y la subsecuente carrera nuclear armamentística se creó un interés mayor del actuar respecto a posibles desastres desde la investigación (Bankoff, 2004).

La línea sociológica se desarrolla a partir de la tesis doctoral de Prince “Catastrophe and Social Change” (1920), que trata sobre la explosión de Halifax, Canadá en 1917; donde se explora el comportamiento colectivo de la población durante la emergencia. No obstante, es durante la década de 1960 que se inicia una corriente sociológica enfocada a la investigación social de los desastres, donde destacaron investigadores estadounidenses como Henry Quarantelli y Russell Dynes, cuyas contribuciones se asocian al comportamiento colectivo y el análisis organizacional en trabajos sobre desastres (Maskrey, 1993). Por su parte, la antropología se ha centrado en el estudio de la experiencia del desastre a partir de la década de 1950; por lo que desde entonces, en el ámbito de la geografía, sociología y antropología se llevan a cabo investigaciones sobre la forma en que los individuos y grupos sociales se adaptan al ambiente mediante el cambio del uso del suelo, reglamentos de construcción y la implementación de diversas tecnologías (Toscana, 2006).

Por muchos años se mantuvo la idea de que los desastres eran eventos extremos inevitables que requerían soluciones puramente tecnocráticas que hacen insuficiente justicia a una genealogía intelectual más compleja;

no obstante, este paradigma se mantuvo por varias décadas por medio de las Naciones Unidas y agencias de financiamiento multilaterales como el Banco Mundial. Esta condición ha tenido un importante peso en los más altos niveles de toma de decisiones nacionales e internacionales, al punto de declarar la década de 1990 como la Década Internacional de la Reducción de Desastres Naturales (Bankoff, 2004).

De acuerdo a Barrantes y Márquez (2011) a partir de la década de 1970 se ha dado una discusión científica sobre dos distintas formas de abordar el estudio de los desastres: el enfoque tradicional o del comportamiento, originado por la escuela norteamericana de desastrología y el enfoque estructural basado en las experiencias de campo obtenidas por los investigadores en los países subdesarrollados. A estos dos enfoques se le suma un nuevo paradigma nacido en América Latina, impulsado por una visión sistémica, al cual algunos autores le denominan holístico.

Un gran hito en América Latina fue la creación en 1992 de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), entre sus objetivos se encuentran la promoción de la investigación comparativa sobre la prevención y el manejo de desastres en América Latina, el establecimiento de canales de comunicación entre los investigadores sociales hasta ahora dispersos y la amplia difusión de los resultados de las investigaciones realizadas en la región (Maskrey, 1993).

No obstante, de acuerdo a Lavell (2005) la producción científica de investigadores latinoamericanos en gestión del riesgo ha sido escasa y muchas veces generada solamente en español (o portugués). A esto debe sumarse el “fiscalismo” en América Latina dada la larga trayectoria de las Ciencias de la Tierra y de las ingenierías en la región orientadas hacia el análisis de los procesos físicos o estructurales de mayor relevancia, para el conocimiento de las amenazas y sus impactos en estructuras y edificaciones. En la región, además, han surgido varios paradigmas o marcos analíticos distintos frente al problema del riesgo y desastre, algunos disciplinarios otros multidisciplinarios, que se han quedado en el transitar hacia un camino más de la búsqueda de una meta – perspectiva muy ligada a la problemática del desarrollo y no han resuelto aún la complejidad del fenómeno del riesgo y desastre.

Es importante acotar, que el 95% de las muertes anuales por desastres ocurridos en el mundo se localizan en Asia y América Latina, especialmente en países en desarrollo o del tercer mundo como Bangladesh, India, China,

México, Costa Rica, Colombia o Chile, esto se da por las condiciones naturales como su situación geográfica asociada a la Zona de Convergencia Intertropical (altos regímenes lluviosos aunado al paso de ciclones tropicales) y el Cinturón de Fuego del Pacífico (asociado al impacto de la sismicidad y vulcanismo), lo que sumado a las condiciones de vulnerabilidad proporciona las condiciones ideales de riesgo (Alcántara, 2002).

Cabe resaltar que a nivel latinoamericano el estudio de la gestión del riesgo tiene un importante empuje después de 1985 con el terremoto de la Ciudad de México y el lahar del volcán Nevado de Ruiz en Colombia, los cuales dejaron miles de muertos y marcaron un hito para la investigación, inversión pública y concientización de la problemática de los desastres en las economías locales y regionales.

Para el caso de Costa Rica, distintos eventos históricos tuvieron sustancial peso en la conformación de un grupo de expertos y el desarrollo de la temática de gestión del riesgo, entre ellos la temprana conformación de la Comisión Nacional de Emergencias en 1969, y su atención de diversos ciclones tropicales, intensas precipitaciones así como temporales y terremotos con la activación de albergues y respuesta ante dichas emergencias en todo el país durante las décadas de 1970 y 1980. A su vez, muy importante fue el aprendizaje a partir de dos eventos naturales que tuvieron gran impacto en el país: el huracán Juana en 1988 y el terremoto de Limón en 1991.

La importante labor que por ley le correspondía a la Comisión Nacional de Emergencia, era paralelamente apoyada por la información generada por el Instituto Meteorológico Nacional desde el punto de vista hidrometeorológico. Por otro lado, el estudio de la sismología y vulcanismo del país se deben a la conformación de la Red Sismológica Nacional – RSN (Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad) y posteriormente del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica – OVSICORI de la Universidad Nacional de Costa Rica, de donde se ha generado información precisa que ha servido de base para el desarrollo de múltiples investigaciones no sólo de la dinámica terrestre sino de su aplicación con la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial.

Metodología

La idea de construir un documento que agrupe los trabajos asociados con amenazas, vulnerabilidad, riesgos y desastres durante la historia de la

Revista Geográfica de América Central se fundamenta en la necesidad de conocer la evolución de las tendencias conceptuales a lo largo del tiempo de los estudios de estas temáticas. Entender la dinámica terrestre que puede provocar pérdidas económicas y humanas, así como la degradación del medio ambiente; además de estar vinculado de manera directa con la Geografía, se asocia con múltiples ciencias tanto físico-naturales como la geología, hidrología, ingenierías, así como sociales como la antropología, historia, sociología, y las ciencias políticas.

La Revista Geográfica de América Central se publica desde 1974 con la fundación de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional de Costa Rica. Desde sus inicios, esta publicación hemerográfica buscó el desarrollo de trabajos que abarcaran temáticas de las Ciencias de la Tierra, las Ciencias Sociales y las Ciencias Naturales con un enfoque geográfico donde privaran principios fundamentales de la Geografía como la localización, distribución y la inherente relación dialéctica ser humano – medio ambiente. La revista actualmente se despliega en el portal digital de revistas de la Universidad Nacional de Costa Rica y tiene a disposición del público todas sus publicaciones en formato digital desde su nacimiento, puede visualizarse desde la siguiente dirección electrónica: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica>.

Se realizó una revisión bibliográfica de todos los artículos publicados en la Revista Geográfica de América Central desde 1974 hasta 2015. Del total de trabajos se eligieron 114 documentos que tenían asociación directa con la temática de riesgos naturales y antrópicos en diversas áreas del conocimiento, los cuales a su vez fueron clasificados en 8 clases: amenazas sísmicas, amenazas volcánicas, amenazas por procesos de ladera, amenazas hidrometeorológicas, cambio climático, degradación ambiental y erosión de los suelos, vulnerabilidad, otros riesgos naturales, y epistemología de la gestión del riesgo de desastres.

Se hizo una revisión de diversas fuentes documentales sobre la historia de la GRD así como las diferentes tendencias en la evolución de los conceptos y teorías a escala global y en América Latina, que logran tener un vínculo directo con el tipo de productos científicos que se publicaron a través de la Revista Geográfica de América Central a lo largo de cuatro décadas.

Resultados

De acuerdo con el estudio de los artículos publicados en la Revista Geográfica de América Central durante cuatro décadas, fue posible desarrollar una clasificación de las temáticas dominantes para los trabajos asociados a riesgos naturales y antrópicos en esta publicación hemerográfica. Se elaboró una sistematización con nueve categorías que engloban los ejes que describen los análisis elaborados a lo largo del tiempo, lo que da un patrón sobre las tendencias epistemológicas y conceptuales que eran abordadas según el contexto histórico, regional, nacional o incluso local asociado a las amenazas, vulnerabilidades, riesgos y desastres.

Las temáticas de los artículos fueron diferenciadas de acuerdo con la cantidad de documentos en cada uno de estos ejes en amenazas hidrometeorológicas, degradación ambiental y erosión de los suelos, amenazas volcánicas, amenazas sísmicas, amenazas por procesos de ladera, epistemología de la gestión del riesgo de desastres, vulnerabilidad, y cambio climático (Tabla 1).

Tabla 1. Eje temático y cantidad de artículos relacionados con riesgos naturales y antrópicos en la Revista Geográfica de América Central (1974-2015)

Temática de artículos	Cantidad	Porcentaje
Amenazas sísmicas	13	11,40
Amenazas volcánicas	16	14,04
Amenazas por procesos de ladera	11	9,65
Amenazas hidrometeorológicas	26	22,81
Cambio climático	4	3,51
Degradación ambiental y erosión de los suelos	25	21,93
Vulnerabilidad	8	7,02
Epistemología de la gestión del riesgo de desastres	11	9,65

Fuente: Elaboración propia a partir de los artículos consultados (2017).

Entre los estudios de las amenazas sísmicas, resaltan los artículos de Merino (1975) sobre el Terremoto de la Ciudad de Guatemala, Cassertano (1979) sobre el cálculo de magnitudes máxima y mínima de sismos,

González et al. (1986) sobre un plan para incorporar el riesgo sísmico a los planes de uso del terreno; así como diversos trabajos muy puntuales sobre la sismicidad de diversos sectores del país en temporalidades históricas y durante la década de 1980 con apoyo instrumental durante el I Congreso de Desastres Naturales en 1988, de donde se publicó un número especial en 1992: Parismina (Brenes, 1992), hoja San José 1:200.000 (Güendel et al., 1992), Terremoto de Fraijanes de 1888 y fallas de Alajuela (Morales, Montero y Madrigal, 1992), Potrero Grande y Sierpe (Protti et al., 1992).

Otros estudios asociados con las amenazas sísmicas en Costa Rica son los de Montero et al. (1997) sobre un modelo de simulación de intensidades sísmicas para la microzonificación del país, y Segura et al (2014) con un análisis de la actividad sísmica en 2010 y el resumen de eventos históricos entre 1983 y 2012. Por otro lado, fueron publicados dos artículos de otros países de la región latinoamericana, uno de México (Madrigal et al., 2010), Brasil (Tanizaki & Azevedo, 2011) y asociados a levantamientos tectónicos de las costas y el impacto de tsunamis (Martínez et al., 2011; Martínez, 2011). Los trabajos asociados a la amenaza sísmica se circunscriben en mayor medida en estudios sobre la sismicidad en áreas específicas con enjambres sísmicos o actividad recurrente siempre acompañados de la instrumentación especializada y la aplicación de modelos para determinar microzonificaciones de la magnitud e intensidades sísmicas; estos estudios se han presentado desde los orígenes de la revista. Además que su producción va en aumento una vez que existe una tecnología mejorada y que los institutos de investigación como el OVSICORI y la RSN (UCR-ICE) pueden mejorar la calidad de sus mediciones y por ende investigaciones.

En el caso de las amenazas volcánicas, desde el nacimiento de la revista esta temática ha tenido una importante relevancia dada la geodinámica volcánica tanto interna como externa en Costa Rica y Latinoamérica. El primer estudio de esta línea de investigación fue presentado por Cevo (1974), el cual analizó las manifestaciones volcánicas en Aysén (Chile) en 1973. Durante los números 5-6 de la revista se publicaron varios trabajos sobre la vulcanología costarricense, entre ellos de las erupciones del volcán Arenal (Bennett & Raccichini, 1977a; Sáenz, 1977), volcán Poás (Bennett & Raccichini, 1977b), la actividad del volcán Irazú durante 1723 (Escuela de Ciencias Geográficas-UNA, 1977) y un estudio geológico del Cerro Chopo (Mora, 1977). Posteriormente, Bennett & Wright (1979) y

Bennett (1980) estudian los niveles de azufre del cráter del volcán Poás; durante 1980, Borgia & Cigolini (1980) analizaron la viscosidad y estructura de las coladas del volcán Arenal.

Posteriormente, no es hasta 1992 con los resultados del I Congreso Nacional de Desastres Naturales en 1988 que se retoman estudios volcánicos como las implicaciones de la lluvia ácida en la vegetación del volcán Poás (Alfaro, 1992), síntesis geovulcanológica del volcán Arenal entre 1968-1988 (Alvarado et al., 1992), una histografía del Volcán Poás (Barquero et al., 1992), y sobre los peligros potenciales de la Cordillera Volcánica Central (Soto y Paniagua, 1992). De manera más reciente se estudiaron las percepciones y prevenciones asociadas con el riesgo por lahar en los Diques de Cartago (Barrantes et al., 2008), los callejones de acidificación en tres volcanes activos de Costa Rica (Duarte y Fernández, 2011) y las cuatro erupciones freáticas del Volcán Turrialba entre 2010 y 2013 (Duarte, 2014). Es interesante apuntar que los estudios volcánicos que han sido publicados en la revista están asociados, en su mayoría, con volcanes activos de Costa Rica durante sus fases eruptivas. Los análisis históricos, dataciones radiométricas o la potencial reactivación de sistemas volcánicos no son temas de discusión recurrente en la revista a pesar que la vulcanología es un tema de constante publicación e investigación en el país y la región.

En Costa Rica los procesos de ladera, movimientos en masa o procesos de remoción en masa siempre han sido llamados deslizamientos, sin importar el tipo de movimiento que predomine según su sustrato (rocas, detritos o suelos), velocidad del movimiento, superficie de ruptura o tipo de depósito. Esta problemática ha sido detectada en otros países latinoamericanos dadas las traducciones desde otros idiomas, especialmente del inglés al español (Alcántara-Ayala, 2000). En la Revista Geográfica de América Central se podría decir que los estudios de procesos de ladera nacieron en la década de 1990 con el número 25-26 sobre los resultados del I Congreso Nacional de Desastres Naturales en Costa Rica, se publicaron trabajos sobre deslizamientos en Puriscal (Arroyo, 1992a), la inestabilidad de laderas en la zona norte de Alajuela (Mora & Morales, 1992) y los deslizamientos en la cuenca del río Reventado (Vahrson & Cartín, 1992).

Estudios de otras regiones del país sobre movimientos en masa fueron hechos en Bahía Culebra, Bahía El Coco (Vahrson & Arauz, 1993), río Banano en Limón (Hernando & Arauz, 1994), la aplicación de la

metodología Mora-Vahrson en la zona más afectada por el Terremoto de Cinchona (Barrantes et al., 2011), y la delimitación de 4600 deslizamientos provocados por el Terremoto de Cinchona (Barrantes et al., 2013). Es importante también indicar que se han publicado trabajos de otros países como Brasil en la comunidad de Divino E. Santo, el barrio de Santa Maria Aracajuse, el río Itoupava y el cerro Campana cerca de la ciudad de Juina la Castaña (Campos et al., 2011; Dos Santos et al., 2011; Volker & Casagrande, 2011; Zocche & Peralta, 2011). Los estudios de amenazas por procesos de ladera tienden a tener un crecimiento notable a inicios de la década de 1990, y tienen un resurgimiento muy importante a partir de 2011 hasta la actualidad.

Las investigaciones de las amenazas hidrometeorológicas son las que tienen un mayor número de publicaciones (25) y nacen con la primer divulgación de la revista, donde Govaere (1974) hace un mapa de isoyetas de un evento de precipitación extraordinaria en la cuenca del río Grande de Térraba. No obstante, hasta la realización del I Congreso Nacional de Desastres Naturales efectuado en 1988 y la posterior publicación de dichos trabajos en un número especial de 1992, se analizaron distribuciones de periodos de retorno (Vahrson, 1992), la aplicación del programa CFA88 para eventos meteorológicos extremos (Fallas, 1992a; Fallas, 1992b), riesgos por sequía en el país (Patterson, 1992), riesgo por inundaciones en Costa Rica (Arroyo, 1992b), avalanchas e inundaciones en los ríos de Orisi y Pejibaye (Vahrson et al., 1992a), análisis probabilístico de las lluvias intensas en Costa Rica (Vahrson et al., 1992b), avalanchas e inundaciones por fuertes precipitaciones el río Ciruelas (Vahrson et al., 1992c), el efecto de la variación del coeficiente de escorrentía en la frecuencia de avenidas (Rodríguez, 1992), situaciones climatológicas que causan desastres en Costa Rica (Ramírez, 1992), y una clasificación de fenómenos meteorológicos de desastres en Costa Rica (Zárate, 1992). Otros estudios durante la década de 1990 fueron; a saber, uno sobre el efecto del Fenómeno del Niño en Costa Rica (Chacón, 1993) y otro relacionado con sensores remotos y la zonificación de inundaciones en las cuencas bajas de los ríos Parrita y Limoncito (Arroyo, 1996).

A partir del siglo XXI, la revista tuvo un importante número de artículos sobre amenazas hidrometeorológicas, donde se analizaron desde comportamientos hidrológicos estacionales y su relación con el ENOS en

la cuenca del río Tárcoles (Quesada, 2001), una zonificación de amenaza por inundación en el valle del río Sixaola (Barrantes & Vargas, 2011), un análisis de la incidencia espacial de inundaciones y deslizamientos entre 2000 y 2006 (Arroyo, 2011), y el riesgo por inundación en Cahuita (Sandoval & Chacón, 2011).

Durante 2011, se realizó el XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina (EGAL) en Costa Rica, gracias a ello hubo una importante cantidad de estudios asociados a las amenazas hidrometeorológicas en la región, con trabajos que abarcaron temas como la vulnerabilidad espacial climática de la ciudad de Aquidauana en Brasil (Freitas & Da Anunciação, 2011), la incidencia de inundaciones y deslizamientos entre 1999 y 2009 en Costa Rica (Arroyo et al, 2011), las inundaciones en la ciudad de Belo Monte en Brasil (Cardoso, 2011), las inundaciones asociadas al proceso de urbanización de la ciudad de Juiz de Fora en Brasil (Oliveira y Baptista, 2011), los impactos de la urbanización en el sistema hidrológico y las inundaciones del municipio de Guarujá en Brasil (Pereira y Oliveira, 2011), las alteraciones en los indicadores agroclimáticos en años Niño en el Centro-Occidente de México (Granados et al., 2011), la población afectada por fenómenos climáticos extremos en México (Ortiz y Vidal, 2011), y el estudio de eventos superiores a 100 mm/24h en la ciudad de Fortaleza, Brasil (Pereira et al., 2011).

Los estudios de cambio climático han tenido un crecimiento notable en las últimas dos décadas al tener una veracidad científica sobre el aumento de las temperaturas medias de la Tierra en los últimos 250 años a partir de la Revolución Industrial. Los trabajos dedicados a este tema en la revista se circunscriben a solamente cuatro, que se dieron en el EGAL realizado durante 2011 en Costa Rica, con títulos como cambio climático, globalización y nueva división internacional del trabajo (Espinosa, 2011), cambio climático y variabilidad en la dinámica de los ecosistemas de Wirikuta, Municipio de Catorce, México durante 1950 y 2010 (Loyola et al., 2011), geografía física, riesgos socioambientales y cambio climático en Brasil (Silva et al, 2011), y cambio climático, turismo y riesgo de incendios forestales y de pasturas en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires en Argentina (Uboldi, et al., 2011).

Los riesgos no solamente son generados por causas naturales producto de la dinámica de la tectónica, vulcanismo, dinámica atmosférica

o gravitacional, sino que también se asocian a la modificación por parte del ser humano respecto a su medio; es por ello que en este trabajo se integran las amenazas por degradación ambiental y erosión de los suelos. Entre los estudios que resaltan en esta categoría están el trabajo de Cartín & Ellenberg (1986) sobre las características geomorfológicas, hidrográficas y vegetacionales de ambos lados de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica y se estudian las tendencias catastróficas de no producirse una intervención más enérgica para su protección. Por otro lado, Fassone (1992) explica sobre el desastre visto como una calamidad que agota los suelos y aguas, el estudio de Vahrson (1993) sobre erosión y conservación de suelos en Costa Rica, la erosión de suelos en Cerbatana de Puriscal entre 1990 y 1995 (Hernández et al., 1995), el desarrollo de un modelo geomorfométrico para el estudio de la erosión en cárcavas (Hernández, 1995), la degradación de recursos, pobreza y salud en el cantón de Puriscal (Somarribas & Patterson, 1997a; Somarribas & Patterson, 1997b), el modelaje de la erosión de suelos en Costa Rica con el modelo WEPP (Hernández & Ruiz, 1998), un diagnóstico físico-ambiental para el Plan Regulador del cantón de Esparza (Arroyo, 2008), la evaluación del riesgo ante incendios forestales en la cuenca del río Tempisque (Moraga, 2010), y el impacto de los incendios forestales en la erosión hídrica de la Sierra de Santa Helena en Portugal utilizando la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (Meneses, 2013).

Posteriormente, durante el EGAL de 2011 en Costa Rica se presentaron múltiples trabajos de este eje temático. Entre los estudios presentados están uno sobre la identificación de riesgos ambientales en la bahía de Río Verde en Paraná, Brasil (Cortese et al., 2011), el riesgo por contaminación de los recursos hídricos en Catamarca, Argentina (Segura et al., 2011), los procesos erosivos asociados con el cultivo de tabaco en Faxinal, Brasil (Cassol & Floriani, 2011), la historia de obras de contención erosiva en la ciudad de Terra Rica, Brasil (Correia et al., 2011), el proceso de desertificación en el Municipio de Santa Maria de Cambuca, Brasil (Galvão & Ribeiro, 2011), la degradación del suelo en una zona semiárida tropical en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México (Hernández et al., 2011), los impactos de erosiones aceleradas en medios urbanos, el caso del municipio de Franca – Sao Paulo, Brasil (Megda, 2011), la degradación ambiental y desertificación el municipio de Espinosa, Brasil (Marília & Soares, 2011),

el uso del suelo y la cuestión ambiental al sudoeste de Bahía, Brasil (Rodrigues et al., 2011), las divergencias y convergencias de las políticas de sustentabilidad en desarrollos hidroeléctricos en río Araguari, Minas Gerais, Brasil (Rodrigues y Da Silva, 2011), la dinámica hidrológica del río Uberabihna, Minas Gerais, Brasil (Soares et al., 2011), los procesos de sedimentación en sistemas lagunas en la Zona Norte de Costa Rica (Solano & Salas, 2011), el factor topográfico en la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo en la ciudad de Río Claro, Brasil (Souza & Lupinacci, 2011), y los riesgos y vulnerabilidades ambientales del territorio de Identidade do Sisal, Bahía, Brasil (Salustiano, 2011).

Prácticamente, el 48% de los trabajos publicados referentes a riesgos naturales y antrópicos se clasifican como estudios de amenazas hidrometeorológicas o de degradación ambiental y erosión de los suelos. Dadas las condiciones tropicales de la mayoría de contextos latinoamericanos se explica que estos dos grupos de ejes temáticos tengan una representación mayor, en amenazas como las inundaciones, algunos procesos gravitacionales asociados, las sequías, los ciclones tropicales y cómo la transformación desordenada del paisaje contribuye al impacto ambiental y elevadas tasas de erosión de los suelos.

Thomas (2011) define vulnerabilidad como el nivel de exposición, fragilidad, propensión de daño y resistencia que se ofrece ante la potencial ocurrencia de amenazas y la capacidad de asimilación, ajuste y recuperación posterior dados por las condiciones socio-culturales, políticas e institucionales. Dentro de la gestión del riesgo de desastres, una variable fundamental es la vulnerabilidad, sus estudios muchas veces han sido desarrollados por profesionales de las ciencias sociales; no obstante, toman notoriedad desde la Geografía a partir de la zonificación y distribución de sus diferentes tipos a partir de 1998 hasta la actualidad.

Los trabajos de vulnerabilidad son de vital importancia en los estudios de gestión del riesgo de desastres y análisis como el de vulnerabilidad económica en áreas de riesgo por amenazas naturales en Ciudad Cortés es un ejemplo de ellos (Arroyo, 1998). Otros estudios a tomar en cuenta dentro de este eje temático son los de zonificación de la vulnerabilidad estructural y de la población ante la amenaza tecnológica del poliducto de RECOPE (Chavarría & Camacho, 2008), la percepción geográfica de los riesgos meteorológicos que afectan en el turismo (Herbe, 2011), la

ocupación del espacio y las problemáticas ambientales asociadas a las inundaciones en Buenos Aires, Argentina (Greco, 2011), la cartografía de vulnerabilidades en áreas urbanas de Curitiba, Brasil (Lourenco et al., 2011), la vulnerabilidad de asentamientos irregulares en Barrio Sarmiento en Buenos Aires, Argentina (Plot, 2011), los indicadores de vulnerabilidad y clasificación de áreas de riesgo ambiental en la Sierra de Periperi en Vitória de la Conquista, Bahía, Brasil (Silveira, 2011), y los índices de desarrollo distrital y su influencia con la recurrencia de inundaciones y deslizamientos en Costa Rica (Arroyo, 2014).

Con la evidente crecida en el número, frecuencia e impacto de los desastres en el mundo, se declaró la década de 1990 como el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales, lo que conllevó a una tendencia clara de producción de conceptos, terminologías y metodologías para el estudio de los desastres, desde el peligro/amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo con trabajos publicados en la revista desde 1992 hasta la actualidad.

Los trabajos que tratan la epistemología de la gestión del riesgo de desastres nacen para la revista como los estudios de manejos de cuencas ante desastres naturales, caso del río Reventado (Fallas & Gutiérrez, 1992), un mapa preliminar de amenazas geológicas de Costa Rica (Mora et al., 1992), el desastre natural como un concepto cambiante (Arroyo, 1993), las referencias conceptuales en el abordaje de los desastres naturales (Patterson, 1993). Posteriormente, se da un salto temporal hasta el estudio de Saborío (2009) con una metodología para la gestión de cuencas hidrográficas siguiendo el enfoque del riesgo integral, Barrantes y Márquez (2011) hacen un brillante análisis sobre la visión desde la geografía de la atención de desastres y la gestión del riesgo, el eje ideológico de los términos en los desastres (Calderón, 2011), riesgo y peligro en Santiago de Chile (Sánchez, 2011), una reflexión contemporánea del concepto e implicaciones de la naturaleza del desastre (Villarreal, 2011), la gestión integral del riesgo en la planificación urbana de San Luis Potosí en México (Palacio, 2011), y la participación popular en el enfrentamiento de desastres ambientales, caso de Santa Catarina en Brasil (Ferreira et al., 2011).

Cabe resaltar que la mayoría de trabajos publicados son de Costa Rica, dada la naturaleza y orígenes de la revista misma con 56 publicaciones (49% del total); posteriormente, se ubican Brasil con 28 trabajos,

9 trabajos conceptuales sin una localización precisa, y seguido México, Chile, Argentina y otros. Esto demuestra la fuerza de ciertas escuelas geográficas latinoamericanas como lo son Brasil, México, Chile y Argentina que tratan de permear otras partes de la región.

Los autores con más trabajos en la temática de riesgos naturales y antrópicos en la Revista Geográfica de América Central han sido Luis Nelson Arroyo (9 trabajos), Wilhem Vahrson (7), Gustavo Barrantes y Ora Patterson (5), F.D. Bennett (4), Iliana Arauz, Jorge Brenes, Nury Cartín, Jorge Fallas, Gonzalo Hernández, Carlos Montero y L. Morales (3). Es importante indicar que la mayoría de estos autores son Geógrafos además, esto permite analizar el aporte de la Geografía en las investigaciones realizadas con la Gestión de Riesgos en diferentes momentos.

Conclusiones

La clasificación de las temáticas de los artículos relacionados a riesgos naturales y antrópicos en la Revista Geográfica de América Central indica los tipos de estudios que predominan en Costa Rica; además, marcan la influencia que tienen escuelas del conocimiento latinoamericano como lo son Brasil, México y Chile en la manera de abordar los estudios en gestión del riesgo de desastres. Las condiciones de exposición a procesos naturales extraordinarios como lo son la sismicidad, el vulcanismo, los fenómenos atmosféricos y la degradación ambiental aunada a la vulnerabilidad de la sociedad latinoamericana hacen estos temas de vital importancia en el desarrollo de nuestros pueblos.

A través de la revista se logra apreciar un crecimiento de los trabajos en temáticas de riesgos, con un marcado aumento de los estudios en riesgos antrópicos a partir de la década de 1990. Es por ello que se insta a que se integre cada vez más los estudios con un enfoque más holístico, propio de la Geografía y tendencias de entender el espacio como un ente vivo y dinámico donde convergen tanto los fenómenos físico-naturales como los sociales.

A partir de esta investigación se propone que los estudios de la amenaza sísmica involucren su asociación con el ordenamiento territorial más allá de la mera explicación de los procesos internos de la Tierra, sino sus implicaciones en el desarrollo nacional, regional y local. Por otro lado, se insta al desarrollo de trabajos sobre volcanes con probable reactivación en Costa Rica y la región latinoamericana, ya que muchas veces se centra

la atención únicamente a los volcanes en procesos eruptivos dejando de lado los latentes. Desde el estudio de los movimientos en masa se debe avanzar a metodologías de zonificación de la susceptibilidad y probabilidad de procesos de ladera en Costa Rica, más allá de metodologías como la Mora-Vahrson que aún no ha sido superada dada la versatilidad de su aplicación en la región.

Se debe hacer una clara diferenciación conceptual entre trabajos asociados con variabilidad climática, calentamiento global y cambio climático, porque muchas veces estos estudios se tratan de simples fenómenos hidrometeorológicos donde no intervienen dinámicas multidecadales, la acción del ser humano, ni las escalas milenarias de cambios asociados con las variaciones astronómicas de la Tierra. Deben ampliarse los estudios de degradación ambiental desde la erosión, contaminación y alteración de los suelos, los cuerpos de agua y las condiciones atmosféricas en entornos no sólo urbanos sino rurales y su asociación directa con el cambio en el uso del suelo y la falta de ordenamiento territorial efectivo.

Los trabajos de vulnerabilidad son de gran necesidad en el contexto latinoamericano, en la actualidad se ha desarrollado una gran cantidad de cartografías de amenazas naturales, que a pesar de necesitar mayor detalle, hay en abundancia. No obstante, los trabajos integrados de vulnerabilidad y riesgos aún son escasos en la región, lo que no permite muchas veces terminar de integrar los esfuerzos desde las ciencias físicas y sociales.

Agradecimientos

A los estudiantes Erich Mata, Sofía Bolaños y Gabriel Alvarado por haber colaborado con la recopilación, ordenación y tratamiento de la información de este trabajo.

Referencias

- Alcántara-Ayala, I. (2000). Landslides: deslizamientos o movimiento del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones Geográficas: Boletín del Instituto de Geografía-UNAM* 41:7-25.
- Alcántara-Ayala, I. (2002). Geomorphology, natural hazards and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47, 107-124.

- Alfaro, M. (1992). Caracterización de la precipitación húmeda en el Parque Nacional Volcán Poás, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 73-84.
- Arroyo, N. (1992a). Influencia antrópica y deslizamientos en Ciudad Colón y Puriscal. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 265-279.
- Arroyo, N. (1992b). Riesgo por inundaciones en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 373-384.
- Arroyo, L. (1993). Desastre natural: un concepto cambiante. *Revista Geográfica de América Central*, 28, 11-14.
- Arroyo, N. (1996). Sensores remotos fotográficos: zonificación por inundaciones en las cuencas bajas de los ríos Parrita y Limoncito: una caracterización socioespacial mediante fotos aéreas y mapas. *Revista Geográfica de América Central*, 32-33, 165-181.
- Arroyo, N. (1998). Vulnerabilidad económica en Áreas de Riesgo por Amenazas Naturales: una aproximación metodológica para su estimación, el caso de Ciudad Cortés, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 36, 121-133.
- Arroyo, L. N. (2008). Caracterización geomorfológica, amenazas naturales y restricciones de uso de la tierra en Esparza, Costa Rica: Un enfoque de ordenamiento territorial para el plan regulador del cantón. *Revista Geográfica de América Central*, 41, 1-28.
- Arroyo, L. N. (2011). Costa Rica: Análisis de la incidencia espacial de inundaciones y deslizamientos por provincias y cantones, años 2000-2006. *Revista Geográfica de América Central*, 47, 97-126.
- Arroyo, L. N., Salgado, D. & Moraga, C.V. (2011). Costa Rica: análisis de la incidencia relacionada con inundaciones y deslizamientos por provincias y cantones, década 1999 al 2009. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-16.
- Arroyo, L. N. (2014). Gestión del riesgo y los índices de desarrollo distrital: un enfoque de casos. *Revista Geográfica de América Central*, 52, 81-111.
- Alvarado, G., Matumoto, T., Borgia, A. & Barquero, R. (1992). Síntesis geovulcanológica del Arenal (Costa Rica): 20 años de continua actividad eruptiva (1968-1988). *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 413-459.

- Bankoff, G. (2004). Time is of the essence: disasters, vulnerability and history. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters* November 2004, 22(3), 23-42
- Barquero, J., Sáenz, R. & Fernández E. (1992). El Volcán Poás, Históricamente un volcán activo. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 241-246.
- Barrantes, G., Segura, A. & Walcott, K. (2008). Percepción y prevención del riesgo por lahar en los diques de Cartago. *Revista Geográfica de América Central*, 42, 83-96.
- Barrantes, G., Barrantes, O. & Núñez, O. (2011). Efectividad de la metodología Mora-Vahrson modificada en el caso de los deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 47, 141-162.
- Barrantes, G. & Vargas J. (2011). La zonificación de amenaza por inundación como herramienta para el ordenamiento territorial en el valle del Río Sixaola. *Revista Geográfica de América Central*, 46, 67-85.
- Barrantes, G. & Márquez, R. (2011). De la atención del desastre a la gestión del riesgo; una visión desde la geografía. *Revista Geográfica de América Central*, 47, 15-38.
- Barrantes, G., Jiménez, C. & Ocón, A. J. (2013). Deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona de 2009, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 51, 89-100.
- Bennett, F. & Raccichini, S. (1977a). Las erupciones del volcán Arenal, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 5-6, 7-35.
- Bennett, F. & Raccichini, S. (1977b). Nuevos Aspectos de las Erupciones del Volcán Poas. *Revista Geográfica de América Central*, 5-6, 37-53.
- Bennett, F., & Wright, H. (1979). Nuevos niveles de azufre en el cráter del Volcán Poas. *Revista Geográfica de América Central*, 9-10, 79-84.
- Bennett, F. (1980). Fumarolas y pozos subacuáticos de azufre en el Volcán Poas. Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 11-12, 125-129.
- Brenes, J. (1992). Estudio preliminar de la sismicidad de la costa Caribe de Costa Rica, con énfasis en la fuente sísmica Parismina. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 247-264.

- Borgia, A. & Cigolini, C. (1980). Consideraciones sobre la viscosidad de las lavas y la estructura de las coladas del Volcán Arenal. Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 11-12, 131-140.
- Calderón, G. (2011). Lo ideológico de los términos en los desastres. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-16.
- Campos, R., Gomes, E., Rebello da Cunha, A. & Nonato, R. (2011). Análise geográfica sobre erosão de margens e movimentos de massa na comunidade do Divino E. Santo – AM (Brasil). *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-17.
- Cardoso, D. M. (2011). O reordenamento da Calha do Rio Jequitinhonha no controle de inundação na cidade de Belmonte na Bahia, Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-13.
- Cartín, N. & Ellenberg, L. (1986). Los dos lados de la Cordillera Central de Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 19-20, 235-245.
- Cassertano, L. (1979). Cálculo de las magnitudes máxima y mínima de los sismos. *Revista Geográfica de América Central*, 9-10, 85-118.
- Cassol, M. L., & Floriani, N. (2011). Processos erosivos no subsistema “Terras-de-plantar” de um faxinal paranaense sob cultivo de fumo integrado. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-19.
- Cevo, H. (1974). Manifestaciones volcánicas en Aysén (Chile). *Revista Geográfica de América Central*, 1, 51-75.
- Chavarría, N. M. & Camacho, C.M. (2008). Propuesta metodológica para la zonificación de la vulnerabilidad estructural y de la población ante la presencia de una amenaza tecnológica: El caso del poliducto de RECOPE, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 42, 57-82.
- Chacón, R. (1993). Aspectos de la influencia del fenómeno del niño en el clima costarricense. *Revista Geográfica de América Central*, 27, 53-66.
- Correia, L. E., De Souza, M., De Arruda, T. & Facciulo D. (2011). Investigaçãõ do histórico das obras de contençãõ em feiçãõ erosiva, Município de Terra Rica, Paraná, Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, Número Especial EGA 2), 1-15.

- Cortese, S., Passos, E., Muratori, A. M. & Cacia, E. (2011). Identificação de riscos ambientais na bacia do Rio Verde – RMC – Paraná, Brasil, por meio de um sistema de informação geográfica. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-16.
- Dos Santos, A., Alves, W., Araújo, H. & Nascimento, J. (2011). Riscos geomorfológicos no Bairro Santa Maria Aracaju/se. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGA 2), 1-8.
- Duarte, E. & Fernández, E. (2011). Callejones de acidificación en tres volcanes activos de Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 47, 127-130.
- Duarte, E. (2014). Las cuatro erupciones freáticas recientes del Volcán Turrialba (2010-2013) Una por año. *Revista Geográfica de América Central*, 52, 139-161.
- Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional. (1977). La Actividad del Volcán Irazú en 1723. *Revista Geográfica de América Central*, 5-6, 203-210.
- Espinosa, M. A. (2011). Cambio Global: Cambio climático global, globalización y nueva división internacional del trabajo. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-20.
- Fallas, J. (1992a). CFA88: un análisis versátil para el análisis de eventos hidrometeorológicos extremos. I. Teoría. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 99-113.
- Fallas, J. (1992b). CFA88: un análisis versátil para el análisis de eventos hidrometeorológicos extremos. II. Aplicación. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 85-97.
- Fallas, J. & Gutiérrez, M. (1992). Manejo de cuencas ante desastres naturales: cuenca alta del río Reventado, Cartago. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 341-353.
- Fassone, R. (1992). Desastre, una verdadera calamidad... se están agotando nuestros suelos y nuestras aguas. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 139-151.
- Ferreira, D., Albino, L. & Cardoso, M. J. (2011). Participação popular na prevenção e enfrentamento de desastres ambientais: resultado de um estudo piloto em Santa Catarina, Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-17.

- Freitas, E. & Da Anunciação, V. (2011). A vulnerabilidade espacial climática na cidade de Aquidauana – MS/Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-19.
- Galvão, N. & Ribeiro, J. (2011). O processo de desertificação no sítio Manduri-Pé Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-13.
- González, H., González, C. & Rosales, L. (1986). Plan para incorporar el riesgo sísmico a los planes de uso del terreno. *Revista Geográfica de América Central*, 19-20, 185-201.
- Govaere, J. (1974). Mapa de Isoyetas de la Tormenta del 28-29 de Agosto de 1973, Cuenca del Rio Grande de Terraba. *Revista Geográfica de América Central*, 1, 21-28.
- Granados, R., Aguilar, G., Díaz, G. & Medina, M. (2011). Alteraciones de los indicadores agroclimáticos en años con presencia del fenómeno El Niño en la región Centro-Occidente de México. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-16.
- Greco, M. G. (2011). Ocupación del espacio y problemáticas ambientales: las inundaciones en la ciudad de Buenos Aires. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-15.
- Güendel, F., Montero, C., González, V., Segura, J. & Brenes, J. (1992). Actividad sísmica de cráter superficial registrada por la red sísmológica del OVSICORI-UNA en la hoja de San José 1:200 000 entre abril 1984-julio 1988. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 11-44.
- Herbe, X. (2011). Percepção geográfica dos riscos meteorológicas que afetam o turismo. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-9.
- Hernández, G. (1995). Modelo Geomorfométrico aplicado al estudio de la erosión en cárcavas. *Revista Geográfica de América Central*, 31, 59-95.
- Hernández, G., Ruiz, A., Barrantes, G. & Díaz, J. (1995). Erosión de suelos en Cerbatana de Puriscal 1990-1995. *Revista Geográfica de América Central*, 31, 97-123.
- Hernández, G. & Ruiz, A. (1998). Modelaje de la Erosión de Suelos en Costa Rica mediante el Modelo WEPP. *Revista Geográfica de América Central*, 36, 11-36.

- Hernández, M., Carrasco, G. & Alfaro, G. (2011). Degradación del suelo en una zona semiárida tropical de México. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-14.
- Hernando, L. & Arauz, I. (1994). Deslizamientos en la cuenca del río Bannano, una consecuencia del terremoto de abril de 1991. *Revista Geográfica de América Central*, 30, 47-63.
- Lavell, A. (2005). Los conceptos, estudios y práctica en torno al tema de los riesgos y desastres en América Latina: evolución y cambio, 1980-2004: el rol de LA RED, sus miembros y sus instituciones de apoyo. FLACSO, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Secretaría General. (pp. 66)
- Lourenco, N., Briski, S. & Prates, V. (2011). O mapeamento das vulnerabilidades ambientais em áreas urbanas da região metropolitana de Curitiba/PR como proposta para minimização de desastres. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-14.
- Loyola, E., Medellín, P., Avalos, J. & Aguilar, M. (2011). Cambio climático y variabilidad en la dinámica de los ecosistemas de Wirikuta, Municipio de Catorce (1950-2010). *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-18.
- Madrigal, D., Franco, R., Miguel, L., Arcelia, M. & Reyes, A. (2010). Caracterización de las regiones tectónicas del estado de México a través de la aplicación de geotecnologías. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial 1), 15-36.
- Marília, A. & Soares, M. I. (2011). Degradação ambiental e desertificação no semiárido mineiro: um estudo sobre o Município de Espinosa (MG). *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-16.
- Martínez, C. (2011). Análisis comparativo de cambios históricos de la línea litoral en bahías chilenas: orientaciones al manejo costero. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-17.
- Martínez, C., Rojas, O., Jaque, E., Quezada, J., Vázquez, D. & Belmonte, A. (2011). Efectos territoriales del tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa de la región del Bio-Bío, Chile. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-16.
- Maskrey, A. (1993). Los desastres no son naturales. (LA RED) Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia. (pp. 137)

- Megda, O. (2011). Impactos das erosões aceleradas em meio urbano: o caso do Município de Franca – São Paulo. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-19.
- Meneses, B. M. (2013). O impacto dos incêndios florestais na Perda de solo por erosão hídrica na Serra de Santa Helena. *Revista Geográfica de América Central*, 51, 215-232.
- Merino, J. (1975). El Terremoto que destruyó la ciudad de Guatemala. *Revista Geográfica de América Central*, 3, 65-70.
- Montero, C., Rodríguez, H. & Moraga, J. (1997). Aplicación del Modelo de Simulación de Intensidades Sísmicas Privado en la Microzonificación de Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 34, 121-141.
- Mora, R. & Morales, L. (1992). La susceptibilidad a la inestabilidad de laderas en la zona norte de Alajuela y el terremoto de Fraijanes de 1888. Efectos y previsión. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 311-322.
- Mora, S. (1977). Estudio geológico del Cerro Chopo. *Revista Geográfica de América Central*, 5-6, 189-199.
- Mora, S., Alvarado, G. & Morales, L. (1992). Mapa preliminar sintético de amenazas geológicas de Costa Rica. Su importancia en el desarrollo de la infraestructura civil. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 355-371.
- Moraga, J. C. (2010). Evaluación del riesgo ante incendios forestales en la cuenca del Río Tempisque, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 45, 33-64.
- Morales, L., Montero, W. & Madrigal, R. (1992). El terremoto de Fraijanes de 1888 y el sistema de fallas de Alajuela, implicaciones del peligro sísmico potencial para el Valle Central Occidental. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 227-240.
- Ortiz, M. & Vidal, R. (2011). Población afectada por fenómenos climáticos extremos. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-15.
- Oliveira, P. & Baptista, S. (2011). Juiz de Fora: inundações, saneamento e ordenamento territorial. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-15.

- Palacio, G. (2011). La gestión integral del riesgo como estrategia para la planificación urbana en San Luis Potosí, México. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-9.
- Patterson, O. (1992). Riesgo por sequías en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 385-411.
- Patterson, O. (1993). Referencias conceptuales en el abordaje de los desastres naturales. *Revista Geográfica de América Central*, 28, 15-23.
- Pereira, L., Guedes, A., Linhares, C. & Zanella, M. E. (2011). Estudo da gênese dos eventos pluviométricos, iguais ou superiores a 100 mm/24h, na cidade de Fortaleza – CE, no período de 1996 – 2008. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-20.
- Pereira, A. L. & Oliveira, R. (2011). Impactos da urbanização no sistema hidrológico – inundações no Município de Guarujá – SP. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-12.
- Plot, B. (2011). Vulnerabilidad en los asentamientos irregulares del AMBA: análisis de caso, Barrio Sarmiento. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-17.
- Protti, J., Güendel, F., Montero, C. & Brenes, J. (1992). Interpretación preliminar de la secuencia sísmica de Potrero Grande (Marzo de 1988) y su relación con la secuencia sísmica de Sierpe (marzo de 1987). *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 281-289.
- Quesada, M. E. (2001). Comportamiento hidrológico estacional y su relación con el ENOS en la parte alta de la cuenca del río Tárcoles, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 39(1-2), 93-111.
- Ramírez, P. (1992). Descripción de situaciones climatológicas que pueden producir desastres en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 153-169.
- Rodríguez, A. (1992). Efecto de la variación del coeficiente de escorrentía en la frecuencia de las avenidas. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 209-225.
- Rodrigues, M., Oliveira, E. & Maia, E. (2011). O uso do solo e a questão ambiental na região sudoeste da Bahia – Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-15.
- Rodrigues, H. & Da Silva, V. (2011). Divergências e convergências nas políticas de sustentabilidade de empreendimentos hidrelétricos: efeitos

- socioespaciais no Rio Araguari-Minas- Gerais – Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 22.
- Saborío, J. (2009). Metodología para la gestión de cuencas hidrográficas siguiendo el enfoque del riesgo integral. *Revista Geográfica de América Central*, 42, 25-35.
- Sáenz, R. (1977). Erupción del Volcán Arenal en el año 1968. *Revista Geográfica de América Central*, 5-6, 149-188.
- Salustiano, A. (2011). O processo de desmatamento do bioma Caatinga: riscos e vulnerabilidades socioambientais no território de Identidade do Sisal, Bahia. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-13.
- Sandoval, L. F. & Chacón, W. (2011). Riesgo de inundación en el distrito de Cahuita, Talamanca y la percepción de la población a estos eventos para la determinación de algunas medidas preventivas, año 2010. *Revista Geográfica de América Central*, 47, 255-224.
- Sánchez, R. (2011). Riesgo y peligro en las ciudades Latinoamericanas, el caso del área metropolitana de Santiago, Chile. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-18.
- Segura, J., Quintero, R., Burgoa, B., & Jiménez, W. (2014). Análisis de la actividad sísmica en Costa Rica durante el 2010 y resumen de los eventos sísmicos más importantes presentados en Costa Rica de 1983 – 2012. *Revista Geográfica de América Central*, 52, 70-102.
- Segura, L. A., Saracho, M. A. & Nieva, N. Y. (2011). Riesgo de contaminación de los recursos hídricos por actividades antropogénicas en el departamento capital, provincia de Catamarca, República Argentina. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-15.
- Silva, T., Carvalho, J. & Vieira, U. D. (2011). Geografía física, riesgos socioambientales y cambio climático. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-13.
- Silveira, P. (2011). Indicadores de vulnerabilidade e classificação de áreas de risco ambiental na vertente sul da Serra do Periperi em Vitória da Conquista – Bahia – Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-15.
- Soares, A. M., Dos Santos, R. & Almeida, R. (2011). A dinâmica hidrológica na bacia do alto curso do Rio Uberabinha em Uberaba, Minas

- Gerai, Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-17.
- Solano, F., & Salas, D. (2011). Procesos hidrodinámicos de sedimentación en sistemas lagunares continentales en la Zona Norte de Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-22.
- Somarribas, L. & Patterson, O. (1997a). Degradación de recursos, pobreza y salud en el cantón de Puriscal (Parte I). *Revista Geográfica de América Central*, 34, 57-85.
- Somarribas, L. & Patterson, O. (1997b). Degradación de recursos, pobreza y salud en el cantón de Puriscal (Parte II). *Revista Geográfica de América Central*, 34, 87-102.
- Soto, G. & Paniagua, S. (1992). La Cordillera Volcánica Central (Costa Rica): sus peligros potenciales y prevenciones. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 291-304.
- Souza, L. & Lupinacci, C. M. (2011). A importância da geração do fator topográfico (LS) da EUPS para modelagem erosiva de bacia hidrográfica. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-13.
- Toscana, A. (2006). Los paisajes del desastre. Doctorado en Geografía. Posgrado en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. (pp.239)
- Tanizaki, K. & Azevedo, F. (2011). Eventos sísmicos no Brasil, percepção de risco de discentes de geografia frente a eventos pseudo – remotos. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-17.
- Thomas, J. (2011). Gestión social del riesgo ante amenazas naturales en ciudades portuarias. Estudios de caso: Buenaventura (Colombia) y Manzanillo (México). Tesis de Doctorado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México D.F., México. 366 pp.
- Uboldi, J., Laucirica, J., Michalijos, P. & Mancino, M. (2011). Cambio climático, turismo y riesgo de incendios forestales, de pasturas y de su interfase, en el sudoeste Bonaerense, su análisis con geotecnologías. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-15.
- Vahrson, W. (1992). Distribuciones de los periodos de retorno de tres eventos de lluvias extremas en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 193-207.

- Vahrson, W. & Cartín, N. (1992). Deslizamientos en la cuenca media y superior del río Reventado, Cartago, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 171-192.
- Vahrson, W. Cartín, N. & Patterson, O. (1992a). Las avalanchas e inundaciones de Julio de 1987 en las cuencas del río Grande de Orosi y el río Pejibaye: un estudio de caso. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 323-340.
- Vahrson, W., Romero, M., Arauz, I., Sánchez, S. & Chacón, R. (1992b). Análisis probabilístico de lluvias intensas en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 45-58.
- Vahrson, W., Saborío, F. & Hernando, L. (1992c). Avalanchas en la Sierra Volcánica Central. El caso del río Ciruelas. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 59-72.
- Vahrson, W. (1993). Erosión y conservación de suelos en Costa Rica. Algunos resultados del taller de erosión de suelos. *Revista Geográfica de América Central*, 27, 187-196.
- Vahrson, W. & Arauz, I. (1993). Aspectos morfoclimatológicos de la región bahía de Culebra, bahía El Coco, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 27, 67-87.
- Villareal, I. (2011). La naturaleza del desastre: una reflexión contemporánea del concepto y sus implicaciones. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-13.
- Volker, E. & Casagrande, M. P. (2011). Caracterização dos movimentos de massa na microbacia do rio Itoupava, Município de Rio do Sul / SC – Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-17.
- White, G. (1942). *Human Adjustment to Floods: A Geographical Approach to the Flood Problem in the United States*. Chicago: University of Chicago, Department of Geography.
- White, G. (1974). *Natural Hazards*. New York: Oxford University Press.
- Zárate, E. (1992). Clasificación de fenómenos meteorológicos causantes de desastres naturales según escalas temporales y espaciales. *Revista Geográfica de América Central*, 25-26, 115-131.
- Zocche, N. & Peralta, D. (2011). Análise geomorfológica dos movimentos de massa ocorridos na MT 170 Juina/Castanheira. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL 2), 1-17.

GOBERNANZA EN EL ANÁLISIS DEL BIENESTAR SOCIAL

GOVERNANCE IN THE ANALYSIS OF SOCIAL WELFARE

Guillermo Calderón-Ramírez¹

Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

RESUMEN

El tema de la pobreza es de gran importancia mundial, pactado en todas las Naciones como uno de los principales objetivos a cumplir. Se destaca en este documento algunos conceptos claves para el estudio de la pobreza desde una perspectiva de la geografía política, área de gran importancia para los geógrafos. Se realiza una síntesis bibliográfica de temas que buscan explicar la evaluación de políticas sociales. La intención es explicar cómo los conceptos de política, Estado-Nación, política pública, política social y región llevan a un profundo análisis de la pobreza y gobernanza de esta. Al experimentar distintas concepciones de pobreza y medición de la misma se parte con la idea de definir por medio de la gobernanza una serie de posibles términos que en su conjunto puedan favorecen la operabilidad de la pobreza. Se han considerado variables definidas por el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo como lo son la salud, educación, renta y vivienda, encontrando una descentralización de las políticas públicas en Costa Rica, país de estudio de caso, el cual se toma como referencia debido a que es referente en temas de salud y economía a nivel centroamericano.

Palabras clave: pobreza, gobernanza, política, región.

ABSTRACT

The issue of poverty is of global importance, it has been agreed in all nations as one of the main objectives to fulfill. This paper highlights some key concepts for studying poverty from the

¹ Máster en Geografía Política. Académico e investigador, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: gcalderon2809@gmail.com

Fecha de recepción: 25 de agosto de 2016
Fecha de aceptación: 18 de octubre de 2016

perspective of political geography -area of great importance for geographers. The intention is to explain how the concepts of politics, nation-state, public politics-social politics and regional policy lead to a thorough analysis of poverty and its governance. By experiencing different conceptions of poverty and measuring there is the idea of defining governance through a number of possible terms that together can favor the operationalization of poverty. Because of the aforementioned, this article intends to build a conceptual foundation for the study of poverty and its governance.

Keywords: poverty, governance, politics, region.

Introducción

El tema del bienestar social analizado desde la pobreza trae consigo una serie de cuestionamientos, esto debido a que se tiene distintas interpretaciones sobre el concepto de pobreza y la manera de cómo se mide la misma. Por lo anterior, se trae en el presente artículo un acercamiento de conceptos claves para evaluar la pobreza y su posterior gobernanza. Además se ejemplifica con el caso de políticas públicas en función del bienestar social costarricense. Conceptos como política, Estado, fundamentación de que es pobreza, políticas públicas a una escala regional son las llaves para tal concepción.

El hablar de pobreza por si solo ya trae consigo una serie de incertidumbre, y abonado a las políticas públicas o su gobernanza se torna posiblemente difícil de discutir. Parafraseando a Abranches (1998) menciona que es frecuente que las políticas que tienen como fin combatir la pobreza tengan efectos negativos, debido a que se podría estar trabajando en necesidades diferentes, es decir posible descentralización.

La pobreza alcanza todo orden social y económico, siendo prudente comprender los conflictos internos de la sociedad dentro de un determinado territorio. Es necesario puntualizar que el abordaje de este artículo se referencia a la geografía política, en el que las políticas públicas contribuyen para disminuir la pobreza, pero que no son el foco central para la disminución de la misma. En fin el propósito es introducir al lector en el tema de la pobreza y la política pública, con la intención de entender como estas se relacionan en el accionar del Estado.

Metodología

Se genera una revisión bibliográfica sobre conceptos que podrían verse relacionados con el tema social, puntualmente con la pobreza. Se discute la percepción de las distintas concepciones planteadas, para

brindarle al lector una visión acerca del posible tratamiento en el estudio del tema principal que se discute. Posteriormente a manera de ejemplo se recaba información que caracteriza el tratamiento de las políticas públicas relacionadas con la pobreza costarricense, en un período de los últimos 30 años aproximadamente.

Resultados

Pobreza según contexto de estudio

La población en condición de pobreza presenta no solo un déficit en condiciones económicas sino también impotencia con respecto al acceso político, al no tener el poderío económico pasa desapercibido en las decisiones políticas, por ende la importancia del Estado como mediador de clases socioeconómicas. La acción para disminuir la pobreza no solo se basa en términos económicos, fusiona todo un conjunto de variables e intereses que deben desarrollarse paralelamente. La política es una de ellas tiene el poder de buscar el bien común dentro de su Nación, en donde los sectores sociales, económicos y por ende políticos logren sintetizar y conllevar un tema que debe ser de interés nacional, siendo que:

...um indivíduo não é mais pobre ou menos pobre porque consome um pouco menos ou um pouco mais. A definição de pobreza deve ir além dessa pesquisa estatística para situar o homem na sociedade global à qual pertence, porquanto a pobreza não é apenas uma categoria econômica, mas também uma categoria política acima de tudo. Estamos lidando com um problema social. (Santos, 1978, p.10).

Se debe disminuir la pobreza y lograr una igualdad tanto económica como social, sin distinción de raza, color o etnia, en donde este individuo de la sociedad puede desenvolverse a fin de su propio ambiente, Freire (1968) por medio de Santos (1978) menciona que la pobreza no es un problema que deba colocar a la población pobre a la altura del opresor con la intención de que se parezca más a este, y sí que se transforme la estructura logrando que cada individuo se desenvuelva conforme a lo que es.

La pobreza interioriza las clases sociales a partir de circuitos teniendo el circuito superior en el que se interrelaciona el comercio, la bancas e industria; y el circuito inferior conjugando el comercio de pequeña escala,

la producción por medio de capital no intensivo, y servicios no modernos, (Santos, 1978). La clave en el progreso de las naciones es la intervención política, es por ello que se asocia la pobreza con las políticas públicas ya que esta es una de las maneras más bondadosas de la sociedad porque busca el bien común de una Nación.

Pobreza está asociada al poco desarrollo socioeconómico y las características de los pobres varían según país. Por lo tanto disminuir la pobreza debe ser de interés de todo Estado ya que la situación de los pobres “não melhoram porque as oportunidades para fazê-lo são menos acessíveis a eles, pobres, e porque não lhes sobra tempo e espaço para acumular, ainda que gratuitamente, os recursos necessários para alcançar melhores condições de vida.” (Abranches, 1998, p.17). Los pobres consumen su tiempo laborando períodos mayores, dejando de lado dedicación para la familia, educación u ocio. Se debe tener presente que la medición de la pobreza va más allá de la medida de ingresos, Artigas (2003) se refiere a que en términos de desarrollo humano la pobreza es mucho más amplia a la posible falta de ingresos, asociándola con pobreza humana.

La problemática es entender la pobreza en sus distintas concepciones basado en el funcionamiento de esta y cuáles son sus principales fuentes reproductoras, descubriendo la manera en que podría ser atendida consiguiendo reducir un panorama poco favorable para Latinoamérica en el que su pobreza para el año 2012 ronda el 28% de su población según la CEPAL.

La relación que se evalúa a partir del IDH con las políticas públicas parte como elemento para diagnosticar la situación de la pobreza. Es claro que las variables estudiadas (vivienda, salud, educación y renta) no se pueden dejar de lado una de otra, o estudiar por separado por lo menos en esta investigación se trae dicha discusión, ya que el acceso a la salud o la esperanza de vida al nacer traerá posteriores beneficios en la formación educacional y posible desempeño en el empleo. Lo anterior se puede resumir en un círculo donde la salud esta como primera instancia siendo fuente pragmática para la educación y esta última podrá llevar a niveles de empleo estables y con remuneración equilibrada según su calificación profesional.

Política mediadora del Estado-Nación

Algunos científicos políticos como Trigal y Pozo (1999) mencionan que el realizar evaluaciones en la política está podría ser llamada de

herramienta privilegiada de una Nación, debido a que obliga a los responsables a tomar medidas sobre las decisiones en la formulación y ejecución de las políticas.

La capacidad que tiene la política de regular la sociedad, menciona Wolff (2003) se define por dos aspectos en primer lugar necesita de una comunidad y esta a su vez requiere poder. La existencia de la política se da a partir del momento en que una comunidad coloca la interrogante de “poder” o en el instante que un “poder” ejercido por algunos se practica en una comunidad considerando el modo de vida.

La política “...trata de convivência entre diferentes.” (Arendt, 2003, p.21). Dicha interacción entre sociedad y política Castro (2005) destaca que en toda sociedad existirá diferentes intereses, y que por consiguiente la realización de los mismos genera conflictos, por ende se parte de la política para poder organizar esos conflictos, en donde la población puede alcanzar sus objetivos, reflejando que la política no se puede dejar de lado siendo el núcleo de organización de sociedades complejas.

Además presenta una estrecha relación en la visión de la geografía, apunta Castro (2005) que algunas acciones como la globalización, el debilitamiento del Estado-Nación, mayor control de las fronteras, la expansión significativa de la democracia, intensificación de la pobreza junto a un fortalecimiento de los movimientos sociales y de los derechos ciudadanos, presentan una importancia en la geografía política, junto a la aceptación de sus temas y de la congruencia de sus aportes a las nuevas interrogantes dentro del contexto actual. Por tanto se entiende la geografía política según misma autora “como um conjunto de idéias políticas e acadêmicas sobre as relações da geografia com a política e vice-versa.” (p.17).

La relación existente entre Estado y política es inseparable Novaes (2003) indica que “o Estado se superpõe deliberadamente à política, e a “política”, deliberadamente, inclina-se a servi-lo.” (p.16). La política es una manera de organización, siendo la misma concreta en la cual los agentes involucrados en la formulación de la misma están en busca de una homogeneidad de intereses, teniendo la capacidad de organizar los Estados más al mismo tiempo tiene las herramientas para dirigir las Naciones. Es un instrumento capaz de regular la sociedad, ya que al imponer pautas donde existen diferentes intereses del ser humano, la política debe ser acatada, buscando el bien común.

En el papel que desempeña el Estado en el contexto de la política, Mann (1992) a través de Castro (2005) señala que la particularidad del Estado en comparación a otras formas de organización política se basa en su poder de centralidad territorial definiendo normas y logrando ejecutar las mismas sobre la sociedad dentro de su territorio.

Estado-Nación y su influencia territorial

La investigación tiene un interés particular entre Estado y Nación o Estado-Nación y la relación de las mismas en la geografía política. "...el Estado será uno de los argumentos centrales, si no el central, de la geografía política que nacerá a finales del siglo XIX." (Font; Rufí, 2001, p.33). Además Ratzel trabaja con la idea de estudiar el Estado con mayor exactitud en una geografía política, teniendo la idea de explicar científicamente cómo se comporta el Estado territorialmente.

Se argumenta que el Estado es considerado como un sistema de administración de su Nación, el cual desarrolla distintas doctrinas políticas, "o Estado como sistema político é, com respeito ao sistema social um subsistema." (Bobbio, 1987, p.62). En cuanto que para Novaes (2003) lo describe como la manera visible de la soberanía, con lo cual pasa a tener la autoridad de resolver con la violencia, en caso de que la ideología falle, cualquier conflicto que emerja en la sociedad. La sociedad y sus componentes económicos, políticos y territoriales han sido estructurados en Estados, (Font; Rufí, 2001).

Una perspectiva del Estado con visión geográfica Johnston (1982) por medio de Font y Rufí (2001) menciona que el Estado desempeña seis funciones, la primera describe el Estado como protector de su población en el cual existe soberanía, desarrollando una defensa y seguridad hacia las agresiones exteriores. La segunda función es de arbitraje con un organismo legislativo en donde su sistema tiene la finalidad de resolver conflictos entre su población e intereses. La tercera es la fuerza de cohesión, la cual debe contener su propia legitimidad para la cohesión, es decir ser creíble.

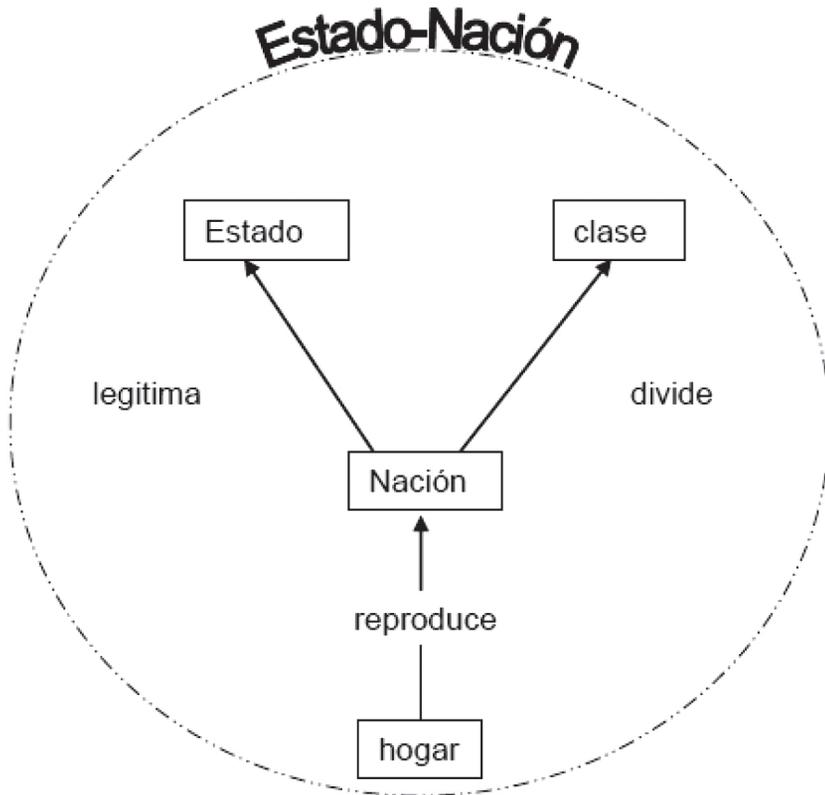
Como cuarta función le es denominada de facilitador, siendo el ente que crea y regula las condiciones para la producción económica. Como quinto elemento el Estado es considerado como inversor, desempeñando la función de inversionista financiando investigaciones o aún mejor contribuyendo con la educación. La sexta función considerada de burocracia

es encargada de que el resto de las funciones puedan desarrollarse adecuadamente, es decir catalogada como la “máquina” del Estado. La Nación es definida según Valéry y Renan a través de Novaes (2003) como un espacio del territorio, con un tiempo de la historia nacional y una cultura homogénea la cual contempla toda la población.

La unión de Estado-Nación, Johnston et al. (2000) la define como la complejidad de instituciones que son llevadas a cabo en el gobierno sobre un determinado territorio. Además es importante resaltar que el Estado-Nación tiene su fundamento geográfico refiriéndose a que “permanece antes de todo como una unidad política espacial.” (Britto, 1986, p.20), es por ello que se resalta la importancia de la geografía en los Estados-Nacionales con poder político. Las características del Estado es ser regulador de la Nación, siendo conformado por el pueblo y el territorio en el que se ejecutan las políticas, influenciado por el poder que el Estado ejerce.

La relación existente entre Estado-Nación tiene sus inicio en los hogares clasificados como unidades reproductoras de la sociedad, esta conformación se torna en una Nación consolidada en la cual se interrelacionan aspectos sociales, económicos y políticos. A partir de allí esta Nación es dividida según condición socioeconómica (clase) y en el otro extremo la Nación es el que habilita el sistema interestatal es decir al Estado, (figura 1).

Figura 1. Los vínculos institucionales fundamentales



Fuente: Taylor y Flint (2002), p.34.

La relevancia entre Estado y Nación es su estrecha relación, en la que existe una subdivisión de elementos como lo son los hogares y las clases. Esta relación de cuatro instituciones que Taylor y Flint desarrollan, consigue explicar el inicio de los Estado-Nación, pero falta mencionar como esa interacción institucional es desarrollada en un territorio, y conforme a los distintos intereses posee su propia caracterización. Con todo esto en la presentación del modelo anterior se desea elevar la importancia espacial en las investigaciones geográficas.

Como parte de la complejidad del tema desarrollado se describe de manera desagregada los distintos conceptos que intervienen directamente en la política, teniendo su explicación teórica. A partir de la descripción de conceptos como política, política pública, política social, Estado-Nación,

llegan a interconectarse logrando desenvolverse y permitirse intervenir en el desarrollo socioeconómico nacional o regional.

Políticas públicas-políticas sociales

El hablar de política pública en un plano general y abstracto debe contener las estructuras de poder y de dominación, y posteriores conflictos a los que la sociedad se enfrenta y encuentra en el Estado un lugar para ser administrado. En un contexto concreto el concepto de política pública debe considerar los recursos de poder que tienen como referente al Estado, principalmente su eje gubernamental, (Azevedo, 1997).

El tema de las políticas públicas es de relevancia, con lo cual en este trabajo se toma como fuente de análisis y se relaciona con la pobreza, siendo el Estado el que regula las mismas dando soluciones a los problemas sociales. El nacimiento de política pública como área de conocimiento y campo académico se debe a los Estados Unidos, dejando de lado los procesos seguidos por los europeos los cuales se centraban en el análisis del Estado y sus instituciones, y no en la producción del gobierno (Souza, 2006). Es decir dicha área surge sin las relaciones teóricas sobre el papel del Estado, pasando directo a estudiar las acciones de los gobiernos.

Es pertinente destacar que no existe una única definición para el concepto de política pública y Souza (2006) deja claro eso al parafrasear a Mead (1995) en donde “a define como un campo dentro do estudo da política que analiza o governo à luz de grandes questões públicas” (Souza, 2006, p.24) pero además misma autora se refiere a Lynn (1980) destacando que este define política pública “como um conjunto de ações do governo que irão produzir efeitos específicos” (p.24).

La definición que logra resumir misma autora con respecto a política pública se considera para esta investigación como la más atenuante y relevante diciendo que es “...o campo do conhecimento que busca, ao mesmo tempo colocar o governo em ação e/ou analisar essa ação (variável independente) e, quando necessário, propor mudanças no rumo ou curso dessas ações (variável dependente).” (p.26). Ahora cabe indicar que la política pública presenta un abordaje abstracto de la política social, en donde la política social puede considerarse “do ponto de vista do Estado, como proposta planeada de enfrentamento das desigualdades sociais” (Demo, 1996, p.14).

En la política social se tiene que saber cuál es la población objetivo, el desarrollo de estas debe direccionarse con mayor fuerza a atender a la población que se encuentra en pobreza. Es decir existe una proporción poblacional que se denominaría el “dominante” o la que contiene la riqueza y otra porción que pasaría a ser el “dominado” que trabajaría para proporcionar esa riqueza, teniendo las políticas sociales un mayor vigor para la población dominada. Es decir que las políticas sociales deben ser congruentes conforme a las características de su población, tomando en cuenta aspectos económicos, sociales, culturales y políticos.

Región como área de estudio

La intención de discutir el concepto de región se debe a dimensión del recorte espacial. La investigación se acentúa en las seis regiones socioeconómicas de Costa Rica, siendo que cada una de ellas presenta características diferenciadas, siendo relevante en el estudio geográfico. Con esto se menciona que para aquellos que conciben la geografía regional como ciencia espacial consideran a la región como “una de las formas más lógicas y satisfactorias de organizar la información geográfica.” (Haggett, et al. 1977 apud Johnston, et al. 2000, p. 483).

Las regiones socioeconómicas de Costa Rica presentan una influencia en el desarrollo tanto a nivel económico, social y político. La región tiene un fuerte sentido de unidad administrativa “a divisão regional é o meio pelo qual se exerce frequentemente a hierarquia e o controle na administração dos Estados.” (Gomes, 2000, p.53). Entendiendo región como unidad administrativa es clave importante en el contexto del desarrollo socioeconómico costarricense. Las regiones aquí discutidas presentan características estrictamente diferenciadas por un lado la región Central con una influencia urbano-industrial y por otro lado la región Huetar Norte con mayor predominio agropecuario.

Dividir el espacio en regiones presenta la función de establecer de acuerdo a características homogéneas de ciertas áreas una integración del espacio, es decir a través de esas caracterización se logra integrar una serie de variables tanto políticas, sociales, ambientales y económicas, dejando de ser un espacio continuo y que particularmente interesa para el desarrollo de la misma.

Regionalizar puede ser utilizada como una herramienta en investigaciones geográficas es, "...um meio para a demonstração de uma hipótese e não mais um produto final do trabalho de pesquisa." (Gomes, 2000, p.63). Este autor indica que las regiones envuelven una dinámica propia, desde una visión regional partiendo de la geografía, la cual envuelve la función de caracterizar las unidades regionales en la distribución espacial de los fenómenos. Afirma que el concepto de región tiene implicaciones en el campo de la política, dinámica del Estado, organización cultural y del estatuto de la diversidad espacial.

El regionalizar proporciona una fuente de análisis única, las características que la distingue hacen que sea considerada como "...uma importante categoria de análise, importante para que se possa captar a maneira como uma mesma forma de produzir se realiza em partes específicas do Planeta ou dentro de um país, associando a nova dinâmica as condições preexistentes". (Santos, 1988, p.47).

Al hablar de región con fundamento geográfico no se puede entrar en el equívoco de concebirla como región natural, para esto Gomes (2000) señala que con base a la perspectiva posibilista las regiones tienen existencia como unidades básicas del conocimiento geográfico y no como unidad morfológica. Es decir es la civilización, la interacción humana la que debe ser estudiada para comprender una región. Afirma que el método regional o en la distribución espacial la caracterización de unidades regionales es lo que hace a la geografía ser particularmente diferente a las demás ciencias, es decir el interés por estudiar la distribución y la localización espacial.

La región indica Lencioni (2003) es un espacio que posee características tanto físicas como socioculturales homogéneas, la cual tiene toda una historia que hacen que el hombre se relacione con el territorio, teniendo la particularidad de ser propia. "Integração e sínteses passaram a se constituir na nova motivação do pensamento geográfico. Integração... tanto naturais como sociais, e sínteses da natureza com os elementos socioculturais..." (p.100). El utilizar la región como herramienta de análisis en la geografía proporciona información que puede ser estrictamente comparada con otras regiones. Posee un dominio de características que la distinguen de las demás y no necesariamente debe presentar siempre los mismos criterios de relación, siendo que la región es una "área sob um certo domínio ou área definida por uma regularidade de propriedades que a definem." (Gomes, 2000, p.54), pero si se llega "na

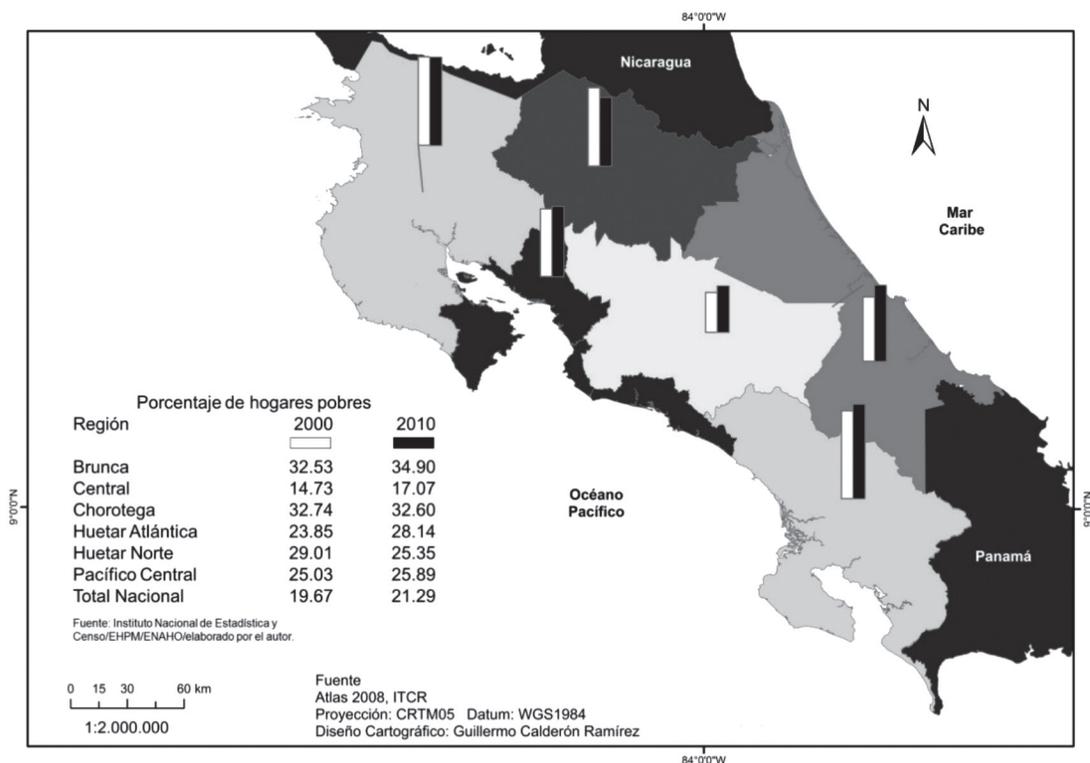
medida em que os critérios de classificação e divisão do espaço são uniformes, só interessa neste espaço aquilo que é geral...” (p.63), tornando una homogenización dentro de la región definida.

El realizar investigaciones a escala regional representa una mayor integración del Estado-Nación, es decir se concluye que el desarrollo desigual denominado en este trabajo como socioeconómico “...obliga inevitablemente al Estado a organizar su territorio por medio de alguna autonomía local.” (Taylor y Flint, 2000, p.358), el distinguir un territorio por sus características homogéneas hacen que esta contenga su propio sistema de desarrollo pero siempre y cuando se respeten las pautas del gobierno central. Se cree que el gobierno central a partir de su organización regional o inclusive local logra intervenir con mayor fuerza en las distintas necesidades sociales, económicas y políticas que puedan surgir en una determinada región, ya que su intervención sería de manera directa, identificando la falencia en un determinado territorio que presenta una serie de características homogéneas.

Caracterización de las políticas públicas en Costa Rica a través de los programas sociales

Para conocer la manera el desenvolvimiento de las políticas públicas en relación al bienestar social a continuación se ejemplifica la situación en Costa Rica según cuatro variables en función de la vivienda, salud, educación y renta desde antes de los años 1990 hasta el 2010.

Figura 2. Hogares pobres en Costa Rica, 2000-2010



Primer momento: situación del bienestar social antes de los años noventa

En torno de los años 1950 Costa Rica optó por una política social fundamentada en la universalización, en la cual el Estado será el defensor de esos derechos y mediador de los mismos. Además la abolición del ejército en la década de los años cuarenta fortaleció el financiamiento de los recursos económicos direccionados para la salud y educación costarricense.

La iniciativa de universalización de políticas sociales referentes a salud, seguridad social, vivienda, educación, electricidad, agua potable y un desarrollo económico competente fueron en ese entonces claves en el desarrollo humano costarricense, Vega (2010). Estas son algunas de las razones de mayor trascendencia que explican el desarrollo humano costarricense en las últimas décadas en comparación con el resto de América Latina.

Vivienda

El tratamiento de una política pública en función de la vivienda costarricense se inicia con la creación del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) el 24 de agosto de 1954 mediante la Ley No.1788, con carácter de institución autónoma. Una vez conformado estableció dos sistemas uno denominado Sistema de Ahorro y Préstamo creado en 1955 mediante el Decreto Ejecutivo n. 1788, destinado a familias con un ingreso medio teniendo como fin el financiamiento para la vivienda con una tasa de interés anual fija de un 9%. Este préstamo puede ser utilizado por cualquier persona física o jurídica, logrando un préstamo de hasta \$208.764,16 (este monto es el máximo posible a obtener) lo que le permite a la persona con la capacidad de ahorro obtener su vivienda. El otro sistema fue después de 1986 por medio del Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI).

Además de la función que desempeña el INVU con el Sistema de Ahorro y Préstamo, la otra función de ayudar a familias de muy bajos recursos económicos depende de la disponibilidad financiera en forma oportuna del BANHVI y de la Dirección de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares (DESAF), la cual es la administradora del Fondo de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares (FODESAF) siendo este fondo uno de los principales instrumentos de las políticas contra la pobreza.

Salud

El sistema de protección social costarricense inicia en la década de los años 20 con la creación del Ministerio de Salud, posteriormente se fundan instituciones claves para el desarrollo como la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) en 1941 y el INVU en 1954. Con ello en la década de 1950 se opta por la universalidad y solidaridad, en donde el país opto por políticas públicas universales tanto en vivienda, salud y educación, teniendo además la intención de mejorar la renta de su población.

El financiamiento de la política social proviene del FODESAF creado en 1974, financiado por un impuesto del 5% a las planillas a cargo del patrono y un porcentaje de la recaudación del impuesto de ventas. Por ende Costa Rica inicia con un modelo para apoyar a los sectores en condiciones de pobreza, adelantándose al Banco Mundial el cual para la década de los 1980 propuso en América Latina crear los Fondos de Inversión Social (FIS).

El panorama de la salud en Costa Rica a mediados de los años cincuenta era caótico, las acciones de salud se basaban en medidas sanitarias colectivas, y la atención a las personas era por medio de consultas privadas, y solo el adinerado podría hacer uso del mismo, (Olazábal, 2005). Es entonces que a partir de 1941 se crea la CCSS. Dicha institución llegó para quedarse y consolidar el sistema de la salud pública, siendo la CCSS uno de los entes más estables de Costa Rica, hasta la actualidad aportando seguridad e igualdad entre sus usuarios. En síntesis la participación del Estado en el área de salud se dio en la década de 1920 creando el Ministerio de Salud, tomando un nuevo impulso en los años 40 con la creación de la CCSS, y el mayor impacto fue en los años 70 con la universalización del seguro social, (Seligson et al., 2011).

Una de las principales herramientas de la CCSS es el Seguro de Pensiones de Invalidez Vejez y Muerte (Régimen de IVM), permitiendo desde mediados del siglo pasado, que la población trabajadora y sus familias cuenten con cobertura ante la situación de invalidez, vejez o muerte. Este régimen nace en el año 1947 e inicialmente tenía un carácter voluntario, dirigido solo a profesionales, oficinistas del Estado y de instituciones públicas. Ya para el año de 1971, la Junta Directiva de la CCSS aprueba el reglamento del Seguro de Invalidez Vejez y Muerte, para todos los trabajadores directos, pasando a llamarse protección “Régimen Contributivo”. Posterior a ello tres años después en 1947 se crea el Régimen no Contributivo de Pensiones, creado por la Ley de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares, n. 5662 del 23 de diciembre de 1974, reformada por la Ley No.8783 del 13 de octubre del año 2009. Este Régimen se considera un programa adicional al Seguro de Invalidez, Vejez y Muerte, que administra la CCSS.

Apunta Vega (2010) que entre 1950 y 1980 el marco general del crecimiento económico, la estabilidad política y el nulo gasto militar mostraron dividendos positivos para los costarricenses pasando de un 50% de la población en condición de pobreza para alrededor de un 30% respectivamente. Existió un alza en los índices de pobreza a inicio de los años ochenta debido a la crisis a causa del aumento en el precio del petróleo y la deuda externa. Por lo anterior Costa Rica ejecuto un plan de compensación social, fortaleciendo instituciones como la CCSS y el FODESAF, logrando reducir la pobreza en 22,9% en el año 1994.

Educación y Renta

El velar por la condición de pobreza de estudiantes en secundaria le compete al IMAS, esto tiene relación directa con la renta. En 1971 se crea el IMAS mediante la Ley n. 4760 indicando que dicha institución es autónoma con personería jurídica, la cual tiene como finalidad: “formular y ejecutar una política nacional de promoción social y humana de los sectores más débiles de la sociedad costarricense” (Ley 4760, 1971).

Como parte del objetivo de cubrir los gastos de estudiantes en la educación superior, se crea mediante la Ley n. 6041 del mes de febrero de 1977 la Comisión Nacional de Préstamos para la Educación (CONAPE), con carácter semiautónomo del Estado, y en donde el mismo tiene como finalidad principal financiar el proceso académico de estudiantes vinculados a universidades privadas. El CONAPE concede préstamos a costarricenses para realizar sus estudios de educación parauniversitaria y universitaria, dentro o fuera del país, basados en mérito personal y condiciones socioeconómicas de los beneficiarios, los mismos deben ser preferiblemente de zonas rurales.

Según el Estado de la Nación (2013) indica que inicialmente el recurso económico disponible del CONAPE con respecto a la evolución de la educación superior era y provenía de un 5% de las utilidades anuales netas de todos los bancos comerciales del país, monto que paso a partir del 2011 a ser de un 2% debido a un cambio en la Ley de Banca para el Desarrollo, y entre otros excedentes de entidades públicas o privadas y donaciones.

Segundo momento: Políticas sociales 1990-2000

Vivienda

Otro momento importante en el tema de política social en función de la vivienda costarricense se debe a la creación del BANHVI en 1986 mediante la Ley No.7052 teniendo como fin resolver de forma ordenada el problema de habitación de los sectores más pobres. Además del BANHVI se crea el MIVAH por medio de la Ley No.7055, del 22 de diciembre de 1986, Ley General de Presupuestos Ordinarios y Extraordinarios de la República. Siendo el órgano técnico Rector del Gobierno de la República en materia de viviendas y ordenamiento territorial. Desde este Ministerio se formulan políticas y directrices para suplir las necesidades de las distintas condiciones socioeconómicas, con la finalidad de proporcionar acceso a viviendas. Es

destacable apuntar que aunque este apartado se refiere al segundo momento de políticas sociales (1990-2000), y se discute la creación del BANHVI y el MIVAH debido a que se toma la posibilidad de que su funcionamiento se da en los siguientes años referentes a la década de los años 90.

Sabiendo que en 1954 se crea el INVU con el objetivo de garantizar un acceso a vivienda de las familias con escasos recursos económicos, además del IMAS, Mutuales, entre otras instituciones. Es a partir de esto que se llega a la creación del BANHVI ya que las instituciones anteriormente citadas poseían una descentralización en la cual cada una dictaba sus propias normas y por lo tanto este ente llegó para integrar dentro de un mismo sistema con un marco político definido.

El BANHVI es un banco que no atiende a las familias directamente, funciona a través de otras instituciones autorizadas. Esta institución dirige bonos familiares de vivienda estos son donados por el Estado y otorgados a familias de escaso recurso económico y de clase media, familias que presenten alguna condición de riesgo por condiciones ambientales o discapacitados y adultos mayores. El monto máximo a recibir es de \$12.309,21 el monto a recibir depende de los ingresos de la familia. Junto a esta donación existe un préstamo complementario que esta misma institución otorga. De igual manera el bono depende del ingreso de la familia, siendo un salario mínimo de \$458,01 con un préstamo de \$12.651,90 y máximo de \$2.748,19 y préstamo de \$71.149,19, con tasa de interés de un 11% anual.

Salud

Como ya se explicó el funcionamiento de la salud costarricense direccionada hacia el higiene y el seguro social le compete a la CCSS creada mediante la ley n. 17 del 1 de noviembre de 1941 reformada el 22 de octubre de 1943 siendo autónoma teniendo como ente rector al Ministerio de Salud. La atención primaria de la salud es uno de los principales factores a ser atendidos de forma inmediata, teniendo como objetivo que toda la población tenga alcance al sistema de salud primaria tal como se menciona en la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud:

...la asistencia sanitaria esencial, basada en métodos y tecnologías prácticos, científicamente fundados y socialmente aceptables, puesta al alcance de todos los individuos y familias de la comunidad mediante su plena

participación y a un coste que la comunidad y el país puedan soportar, en todos y cada una de las etapas de su desarrollo, con un espíritu de autorresponsabilidad y autodeterminación. (Organización Mundial de la Salud, 1978, p. 3-4)

En los años noventa el país fortaleció el sistema de salud pública, ya que desde la década de los 1940 cuando nace la CCSS hasta la década de 1990 Costa Rica atendía la salud primaria por medio de los puestos de salud los cuales vinieron a renovarse con los Equipos Básicos de Atención Integral de Salud (EBAIS) actualmente consolidados y en crecimiento tanto de infraestructura como de cobertura poblacional. Señala Olazábal (2005) que estos están constituidos por un médico, auxiliar de enfermería, auxiliar de estadística y farmacia y asistentes de atención primaria los cuales aún es la base de la cobertura de salud. Con respecto a la cobertura de los EBAIS estos atienden de 4.000 a 5.000 habitantes, presentando una alta atención en las áreas rurales y urbano-marginales, cubriendo para el año 2002 un 90% de la población costarricense.

Desde su creación los avances que han tenido los EBAIS en cobertura poblacional son de destacar, afirma la CCSS (2013) en su inventario y análisis de áreas de salud, que para el 2013 un 95% de la población tiene asignado un EBAIS brindando la atención según el modelo institucional de atención integral, esta se basa en la integralidad, el sujeto de la atención, continuidad, inter y multidisciplinario. Lo anterior no quiere decir que no toda la población costarricense se vea beneficiada con los EBAIS ya que las personas pueden acudir a su centro médico más cercano y serán atendidas.

Educación y renta

Para los años noventa debido a la crisis que azotó América Latina en la década anterior a esta, la educación sufrió una inestabilidad, además de verse afectado la inversión social en general repercutiendo en las acciones de contribución monetaria de las familias en condición de pobreza costarricense, teniendo en los años siguientes una recuperación vulnerable ante la crisis económica.

Tercer momento: Políticas sociales 2000-2010

Vivienda

El fortalecimiento en el tema de vivienda para familias en condición socioeconómica media o pobre, fue acentuado antes del siglo XXI. Como se mencionó anteriormente Costa Rica realizó avances importantes en el tema de vivienda tanto con el INVU como con el BANHVI y que prevalecen hasta la actualidad. Es interesante destacar que en esta investigación no se obtiene los datos referentes a los beneficiarios de esta política o cual es la ejecución de la misma, más se intenta evaluar la política pública para vivienda, debido a que como se señala en los ítems anteriores se tienen tres instituciones distintas (INVU, BANHVI, MIVAH) que trabajan para que familias en condición media o pobre logren acceso a una vivienda.

Salud

Luego de inicios de la primera década del siglo XXI, mediante la Ley de Protección al Trabajador del Sistema Nacional de Pensiones, el Seguro de Pensiones de Invalidez, Vejez y Muerte se convierte en un sistema básico y obligatorio; además de la obligatoriedad de la afiliación de los trabajadores independientes sean asalariados o no.

Educación y Renta

Para mejorar la calidad de vida de los estudiantes de secundaria nace el programa AVANCEMOS mediante el Decreto Ejecutivo N° 33154 del 2006 con el gobierno de Oscar Arias Sánchez. Este según el decreto ejecutivo N° 34786-MP-S-MEP tiene como población meta familias integradas por adolescentes y jóvenes de ambos sexos con edad entre los 12 y los 25 años, que presenten condición de pobreza, vulnerabilidad social y exclusión, que necesiten apoyo económico para lograr mantenerse en la educación secundaria. Este programa es destinado a familias en condición de pobreza, fortaleciendo el sistema educativo, siendo un complemento en la renta familiar para que los padres o encargados mantengan a los jóvenes en la enseñanza media.

El inicio de AVANCEMOS se dio como fase piloto, ejecutado por el IMAS y FONABE. No obstante a partir del 2009 se logró definir una única unidad ejecutora el IMAS, señalada en el decreto ejecutivo 34786-MP-S-MEP, trayendo una simplificación en el manejo de la

población meta. El financiamiento al igual que el programa del INVU es por medio del FODESAF y de recursos del presupuesto nacional, recursos propios y donaciones.

El seguimiento o monitoreo de la beca establecida se desarrolla por el método Sistema de Población Objetivo (SIPO) la cual utiliza como herramienta la Ficha de Información social (FIs) está contiene 64 variables enfocadas a los núcleos familiares. Dicho método clasifica las familias por nivel de prioridad mediante cuatro categorías de puntaje: Grupo 1: los más pobres; Grupo 2: pobreza moderada; Grupo 3: personas con nivel menor de pobreza; Grupo 4: resto de la población beneficiada. El monto de transferencia es escalonado dependiendo del nivel educativo, reiterando que es un complemento con respecto a la renta de las familias. (Tabla 1).

Tabla 1. Costa Rica: monto de transferencia según año educativo del beneficiario (dólares)

Nivel Educativo	Mensualidad*	Monto Anual Mínimo*	Monto Anual Máximo*
7°	29,54	354,51	470,70
8°	39,39	472,67	588,87
9°	49,24	590,84	825,21
10°	68,93	827,18	1.061,55
11°	88,63	1.063,52	1.179,71
12°	98,47	1.181,68	1.416,05

* Tipo de cambio del dólar referente al año 2012 según el Banco Central de Costa Rica

Fuente: Decreto Ejecutivo N° 34210; elaborado por el autor.

La función de aporte de becas a educación primaria y no menos importante la situación de los estudiantes de post secundaria en la cual el FONABE y el CONAPE son las encargadas de esta población, siendo esta última financiadora por medio de préstamos. Las mismas son instituciones del Estado que trabajan de manera separada pero tienen como objetivo mejorar la educación nacional.

El funcionamiento en la educación superior costarricense tiene como base la creación del FONABE en 1997 la cual conto con la aprobación de los diputados incorporándose el Ministerio de Educación Pública (MEP) del que depende como órgano adscrito mediante la Ley n. 7658 del 27 de

febrero del 1997, años después en el 2004 se amplía la cobertura de becas para estudiantes de post secundaria. Además en ese mismo año se crea una nueva modificación al Fondo el cual incluye a los extranjeros en igualdad de condiciones de selección.

El MEP indica en el “Plan operativo institucional y presupuesto ordinario 2012” que la beca por condición socioeconómica referente a primaria contiene a la población con rango de edad entre 7 y 12 años, o mayor si presentara rezago escolar. Este aporte mensual es de \$33,48 con el fin de financiar parte de los costos educativos de estudiantes que se encuentren en condición de pobreza extrema, pobreza o vulnerabilidad.

El FONABE es una institución sin fines de lucro que tiene como objetivo brindar ayuda a estudiantes de familias con escasos recursos económicos para que curse y concluyan exitosamente el proceso educativo. En el “Plan operativo institucional y presupuesto ordinario 2012” se sugiere que por medio del programa de becas post secundaria se realiza el esfuerzo de cubrir la población con condición de vulnerabilidad económica y educativa de Colegios Universitarios o parauniversitarios, universidades públicas y privadas este último con la condición de ser reconocidas por el Consejo Nacional de Educación Superior Privada (CONESUP).

Ahora bien la forma de ejecución del préstamo según el CONAPE en sus requisitos y garantías se señala una serie de requisitos y garantías en las cuales el solicitante debe presentar documentación de él mismo, del núcleo familiar, del colegio de procedencia, de la universidad en la que se encuentra estudiando, y asociado a ello otros requisitos para el caso de posgrados tanto fuera como dentro del país.

Al tener requisitos también cuentan con garantías divididas en fiduciaria o hipotecaria; la primera funciona para montos desde \$5.908,42 hasta \$17.725,26 y la segunda con préstamos mayores a \$17.725,26 hasta \$59.084,19 con una tasa de interés de un 8%. Este interés es anual sobre saldos, variable y ajustable según los términos del artículo 497 del Código de Comercio el cual indica que:

Se denomina interés convencional el que convenga las partes, el cual podrá ser fijo o variable. Si se tratare de interés variable, para determinar la variación podrán pactarse tasas de referencias nacionales o internacionales o índices, siempre que sean objetivos y de conocimiento público... (Ley 3284, 1964).

El pago del préstamo es a partir de concluidos los estudios, no obstante el prestatario puede solicitar un período de gracia el cual es de seis meses después de concluido su etapa de estudio. Si el estudiante reprueba un curso el CONAPE no las financia nuevamente, por ende el prestatario deberá cubrir dicho gasto. Si el hecho de reprobado alguna materia repercute con la extensión del plan de estudio el mismo debe presentarse a CONAPE y ajustar dicho programa. Además de que todo estudiante debe matricular el bloque completo de créditos según el plan de estudio que este cursando.

El funcionamiento del CONAPE ha tenido resultados positivos se menciona en el Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (2013) que su informe Estado de la Educación en sus 36 años ha colocado 89.927 préstamos los cuales han sido de importancia para estudiantes de universidades privadas, siendo que entre el 2008 y 2011 el 70,1% fue dirigida a zonas con menor desarrollo relativo. Todo lo anterior lleva a re pensar en cómo se están manejando las políticas en función del bienestar costarricense, por lo tanto a continuación se señalan algunas consideraciones.

Consideraciones finales

El estudio busco profundizar sobre conceptos importantes para analizar la pobreza y se mostró el ejemplo costarricense. Además el trabajo incentivó en detallar la relevancia de la geografía en investigaciones científicas, subrayando la importancia de esta ciencia en temas sociales los cuales son desarrollados en una dimensión espacial con características particulares, en donde coexisten efectos territoriales provenientes de los conflictos políticos. Se acentúa acerca del papel del geógrafo como crítico con herramientas y capacidad necesaria para contribuir al debate, resaltando su representatividad en problemas sociales.

Se debe tener presente que no existe metodología capaz de responder a todos los cuestionamientos que surjan de un tema dado, no obstante con el proceso metodológico aquí propuesto se logra cubrir los objetivos planteados, diagnosticando la pobreza costarricense e interpretando como las políticas públicas contribuyendo en dicho proceso. A través de dicha metodología la cual inicia con la política como primer elemento de análisis en el que el Estado-Nación tiene como reto mejorar el bienestar social y además es mediador de las políticas públicas, analizadas a través de los programas sociales (vivienda, salud, educación y renta). Dicho proceso

es desarrollado considerando la geografía política, en donde intervienen agentes sociales, económicos y políticos.

El abordaje de la pobreza costarricense ha sido un tema de gran discusión debido a las distintas tesis del posible estancamiento que se viene dando desde las dos últimas décadas (1990-2010), por lo tanto era un desafío descubrir la existencia o no de dicha situación y como las políticas públicas contribuyen en la disminución de la pobreza. Parece existir una inmovilidad de las política juntos a sus programas de acción lo cual a causa de las transformaciones de la población deberían de estar en una transición paralela a los cambios de la sociedad. Por lo tanto no solo la cobertura es necesaria sino también la calidad de los servicios, mejor preparación del personal y equipos tecnológicos.

La trayectoria que han tenido políticas relacionadas a la vivienda y salud iniciada en la década de los años 50 en el caso del tratamiento de las viviendas y en la década de los años 20 para la salud han sido incluso ejemplos en América Latina por su historia y capacidad nacional. Existe una descentralización en la ejecución de la política por ejemplo en el tema de la vivienda instituciones involucradas como el INVU, BANHVI o MIVAH trabajan para un mismo fin pero de manera aislada. La salud pública ha tenido su fortaleza en la Caja Costarricense de Seguro Social la cual tomo la dirección y dicto las pautas como líder en la seguridad de la salud costarricense, por lo tanto esta centralización de funciones ha beneficiado a la población.

El motivo de evaluar la educación junto a la renta se debe a que en algunos de los casos los escolares para recibir un aporte monetario, la familia debe encontrarse en condición social vulnerable. Aunque instituciones y programas que velan por la educación creadas desde la década de los años 70 consiguieron elevar las tasas de alfabetización, ya para los años 90 se evidencia un estancamiento en el nivel de educación principalmente en la secundaria consecuencia de la crisis de la década de los 80 aplacando el ritmo con el que se venía creciendo. No obstante una de los principales motivos en la evolución de la educación secundaria parece ser causada por la mala administración y lenta ejecución de algunos programas como AVANCEMOS creado en el año 2006. En resumen a excepción del tema de la salud existe una descentralización en la ejecución de los programas sociales que atienden la política pública. Esto podría ser atribuido a una necesaria revisión de las políticas y un manejo adecuado de las mismas.

Referencias

- Abranches, S. (1998). Política Social e Combate à Pobreza: A teoria da prática. En: S. Abranches, W. d. Santos, & M. Coimbra, *Política Social e Combate à Pobreza* (pp. 9-31). Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Arendt, H. (2003). *O que é política?* (4 ed.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Azevedo, J. M. (1997). *A Educação como Política Pública*. Campinas: SP: Autores Associados.
- Bobbio, N. (1987). Estado, poder e governo (6ª ed.). En *Estado, governo e sociedade; por uma teoria geral da política* (pp.53-133). Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Britto, L. N. (1986). Política e Espaço Regional. Sao Paulo: Nobel.
- Castro, I. (2005). Relações entre território e conflito: o campo da geografia política. En: Castro, I, *Geografia e política. Território, escalas de ação e instituições* (pp. 44-45). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Caja Costarricense de Seguro Social. (2013). Gerencia Médica. Dirección Proyección de Servicios de salud. Inventario y análisis de salud, sectores, ebais, sedes y puestos de visita periódica en el ámbito nacional.
- Demo, P. (1996). *Política Social e Educação e Cidadania*. (2 ed.) Campinas, SP: Papirus.
- Enciclopédia do mundo contemporâneo. (1999). São Paulo: Publifolha; Rio de Janeiro: Editora Terceiro Milênio
- Font, J.N. & Rufi, J.V. (2001). *Geopolítica, identidad y globalización*. (1. ed.) Barcelona: Editorial Ariel, S.A.
- Gomes, P, C, da C. (2000). O Conceito de região e sua discussão. En: Castro, I.E de et al. (Org.) *Geografia: conceitos e temas* (2 ed., pp.49-76.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Johnston, R. J., Gregory, D. & Smith, D. M. (2000). Diccionario Akal de Geografía Humana. Barcelona: Akal.
- Lencioni, S. (2003). *Região e Geografia. São Paulo*. Editora da Universidade de São Paulo.
- Novaes, A. (2003). Invenção e crise do Estado-nação. En [Org.] *A crise do Estado-nação* (pp.9-22). Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.
- Olazával. H.V de. (2005). Atención primaria de salud y Salud para Todos: Costa Rica y Centroamérica. Escenarios, participación, desafíos

- siglo XXI. MINSA. CCSS. OPS. OMS. Atención Primaria de Salud en Costa Rica: 25 años después de Alma Ata.
- Organización Mundial de La Salud. Conferencia Internacional sobre Atención Primaria. Alma-Ata. URSS, 1978. Disponible en: <<http://whqlibdoc.who.int/publications/9243541358.pdf>>.
- Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. (2013). Cap. 1. Cuarto Informe Estado de la Educación/PEN. – 4 ed. – San José C.R.: Editorama.
- Programa Estado de la Nación. Estado de la Educación, 2013. Capítulo 4. La Evolución de la Educación Superior. Disponible en: <<http://www.estadonacion.or.cr/index.php/estadoeducacion/educacioninforme-ultimo>>. Consultado el: 2 de setiembre 2013.
- Rocha, S. (2006). *Pobreza no Brasil: a final, de que se trata?* (3. ed) Rio de Janeiro: FGV
- Santos, M. (1988). *Metamorfoses do Espaço Habitado*. Sao Paulo: Hucitec.
- Santos, M. (1978). *Pobreza Urbana*. São Paulo: Hucitec.
- Seligson, M.A., Franzoni, J.M. & Solórzano, J.D.T. (2011). Reducción de la pobreza en Costa Rica: El impacto de las políticas públicas. En Solórzano, J.D.T. (Compilador). *La Pobreza en Costa Rica: estudios del Instituto de Investigaciones de Ciencias Económicas* (1 ed., pp. 215-324.) San José, Costa Rica.
- Souza, C. (2006). Políticas Públicas: uma revisão da literatura. *Sociologias. Porto Alegre*, 16, 20-45.
- Taylor, P. & Flint, C. (2002). *Geografía Política – Economía Mundo, Estado Nación y Localidad*. (2 ed.) Madrid: Trama Editorial.
- TrigaL, L.L. & Pozo, P.B. del. (1999). *Geografía Política*. Madrid: Cátedra.
- Vega, I, R. (2010). Costa Rica: pobreza y desigualdad como determinantes de la salud en los últimos 20 años. En: Universidad de Costa Rica. Escuela de Salud Pública. (Org.) *La salud pública en Costa Rica: Estado Actual, Retos y Perspectivas*. (pp.149-168). San José
- Wolff, F. (2003). Invenção e crise do Estado-nação. En: Novaes, A. [Org.] *A crise do Estado-nação*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.

CONCEPTOS BÁSICOS EN GEODESIA COMO INSUMO PARA UN TRATAMIENTO ADECUADO DE LA INFORMACIÓN GEOESPACIAL

BASIC CONCEPTS IN GEODESY AS AN INPUT FOR ADEQUATE TREATMENT OF GEOSPATIAL INFORMATION

*Jorge Moya-Zamora*¹

*Bepsy Cedeño-Montoya*²

Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

RESUMEN

La geodesia como la ciencia encargada del estudio de la Tierra incluyendo de manera general su forma, tamaño, campo de gravedad y representación ha necesitado y necesita actualmente de sistemas y marcos de referencia modernos con los cuales se pueda vincular la información, producto de las mediciones realizadas. Se quiere mostrar una serie de conceptos fundamentales en la geodesia, los cuales se relacionan principalmente con el entendimiento de los sistema de referencia, marcos de referencia, datum geodésico, tipos de coordenadas y proyección cartográfica, de forma de establecer sin entrar en amplias deducciones matemáticas, una base general de definiciones que le permitan a los usuarios y profesionales vinculados con las demás geociencias, contar con una referencia de fácil consulta. Se hace además una especial consideración sobre el Sistemas Geocéntrico

- 1 Dr.-Ing. Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS (CNPDG). Académico e investigador de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: jorge.moya.zamora@una.cr
- 2 Máster, Programa en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección (PROSIGTE), Académica e investigadora de la Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: bepsy.cedeno.montoya@una.cr

Fecha de recepción: 30 de agosto de 2016
Fecha de aceptación: 2 de diciembre de 2016

para las Américas (SIRGAS), su rol e importancia como el proyecto geodésico de mayor impacto técnico en Latinoamérica. Costa Rica cuenta hoy con más de una decena de estaciones GNSS de operación continua debidamente integradas a SIRGAS, cuyas coordenadas geocéntricas constituyen la base geodésica de mayor exactitud con la cuenta el país.

Palabras clave: geodesia; sistema de referencia; marco de referencia; datum; proyección; ITRF2014

ABSTRACT

Geodesy as the science responsible for the study of the Earth including its shape, size, gravity field and representation has needed and currently needs modern systems and frames of reference that can link the information resulting from measurements made. It wants to show a series of fundamental concepts mainly linked with reference systems, reference frames, geodetic datum, types of coordinates and map projection in order to establish, without going into extensive mathematical derivations, a general basis of definitions that allow users and professional linked to other geosciences have a friendly reference. Special consideration on the Sistema Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), its role and importance as the geodetic project of greater technical impact on Latinamerica is also done. Today Costa Rica has more than ten continuously operating GNSS stations duly integrated to SIRGAS, whose geocentric coordinates constitute the geodesic basis of greater accuracy of the country.

Keywords: geodesy; reference system; reference frame; datum; projection; ITRF2014

Introducción

Los sistemas de referencia son una necesidad cuando se requiere ubicar objetos. La determinación de la posición debe hacerse teniendo en cuenta una referencia, pero esta referencia, que en principio puede ser arbitraria dependiendo de la finalidad, tiene que ser actualmente considerada de manera global definiendo la posición de los elementos de interés de una forma única. Tradicionalmente las diferentes geociencias han trabajado con sistemas de referencia que se pueden considerar como locales, regionales. Estos sistemas han pasado en las últimas décadas de estar materializados por un conjunto de estaciones pasivas en cada país, a convertirse en sistemas dinámicos definidos por estaciones de medición continua GNSS y otras técnicas de la geodesia espacial. Estas técnicas, acompañadas de modelos matemáticos contemplados dentro procesamiento riguroso de los datos satelitales, permiten que se pueda dar posición a las estaciones terrestres con una exactitud milimétrica. Los marcos de referencia, son por lo tanto, la base para la determinación de una serie de parámetros necesarios para las diferentes aplicaciones como el catastro, la ingeniería, la navegación precisa, los sistemas de información geográfica, la geodinámica

y otras aplicaciones de las diferentes geociencias. A nivel global, la Comisión 1 de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) denominada como “Marcos de Referencia”, es la encargada del estudio científico de la problemática para el establecimiento de los marcos de referencia.

1. La forma de la Tierra

La primera aproximación de la verdadera forma de la Tierra es la que asume un sistema esférico, en el cual la ubicación de los puntos sobre su superficie se hace considerando naturalmente un sistema de referencia dado por coordenadas esféricas. El griego Eratóstenes (276 - 195 B.C) realizó la primera determinación del radio de Tierra obteniendo un valor de 6267 Km, solo un 1,6% de diferencia con las mediciones actuales. Siglos después, varias mediciones de arco en diferentes partes del planeta condujeron a la determinación de que la Tierra se aproxima más a una forma elipsoídica, ensanchada en el Ecuador y achatada en los polos.

El geoide representa la verdadera forma de la Tierra. Esta es una superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre (superficie en la cual el valor del potencial gravitatorio es constante) que mejor se adapta al nivel medio del mar (Jekeli, 2006), asumiendo que las diferencias entre las dos superficies son mínimas. La superficie del geoide es irregular debido a las distribución heterogénea de las masas en la Tierra (Lu et al, 2014). Se puede decir que el geoide quiere representar la verdadera forma de la Tierra, haciendo coincidir su superficie con los océanos supuestos en reposo y extendidos por debajo de los contenientes de forma imaginaria (LGFS, 2016).

2. Geodesia

La definición clásica de geodesia dada por Friedrich Robert Helmert en 1880, considera como sus tareas fundamentales la determinación de la forma y representación de la superficie terrestre. En 1878, Heinrich Bruns planteó que el objetivo fundamental de la geodesia es la determinación del potencial gravitatorio. Estas dos definiciones enfocan de una manera global la labor de la geodesia desde el punto de vista geométrico y físico. Hoy día, la geodesia abarca otras tareas de igual importancia permitiendo definir a la geodesia como la disciplina que estudia la medida y representación de la forma de la Tierra y otros planetas, su orientación en el espacio y su

campo de gravedad en un espacio tridimensional que varía con el tiempo. La definición de la geodesia ha evolucionado desde la dada a finales del siglo XIX. Torge (2001) dice que “El problema de la geodesia es determinar la figura y campo gravitatorio externo de la Tierra y otros cuerpos celestes como una función del tiempo, por medio de observaciones realizadas dentro y fuera de estos cuerpos”(p.2).

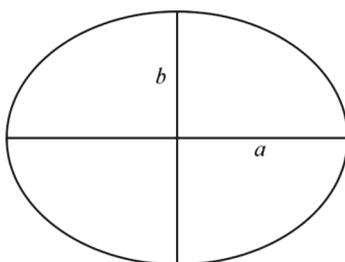
La geodesia abarca disciplinas diversas que pueden agruparse en las siguientes áreas: la geodesia geodinámica vinculada con los estudios tendientes a la descripción cinemática de las placas tectónicas, la geodesia espacial que estudia, entre otros fenómenos, las variaciones en la rotación y orientación de la Tierra, la geodesia física que trabaja con gravimetría en determinación de la figura de la Tierra y la geodesia geométrica o matemática, que involucra los cálculos para obtener posiciones de puntos con una alta exactitud. En el caso de la geodesia espacial, se contempla mediciones de alta precisión realizadas desde, hacia y entre satélites y otros cuerpos celestes para la solución de problemas geodésicos como la determinación de posiciones tridimensionales Tierra con alta exactitud (redes de control), campo de gravedad de la Tierra y las funciones que los describen (geoide) y por último, medición y modelaje de los fenómenos geodinámicos (movimientos del polares, rotación terrestre y deformación de la corteza) (Seeber, 2003). Una definición que integra otra serie de elementos puntuales relacionados con las tareas de la geodesia moderna, es la que se ofrece la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Ohio State en la dirección: <https://earthsciences.osu.edu/divisions/geodetic>. Contribuciones de la geodesia a la topografía, el mapeo, la ingeniería, el transporte, a la tecnología espacial, a la investigación científica en geociencias, monitoreo y protección de ambiente, así como en la prevención de desastres naturales puede ser consultado en Lu et al (2014).

Modernamente, todos los aportes de los diferentes tipos de mediciones geodésicas permiten por primera vez, tener datos de alta exactitud destinados a estudiar los cambios del planeta. Es de esta manera como la iniciativa de la IAG denominada como Sistema Global de Observación Geodésica (GGOS), integra en un solo sistema las diferentes técnicas geodésicas, modelos y aproximaciones con el objetivo de lograr a largo plazo, un monitoreo preciso para un mejor entendimiento de la geodinámica y procesos de cambio global (GGOS, 2016).

3. El elipsoide como aproximación de la forma de la Tierra

En geodesia se asume como forma de la Tierra un elipsoide de revolución, el cual es el resultado de hacer girar una elipse alrededor de su eje menor. Este hecho genera una superficie simétrica con respecto al eje polar y el Ecuador. Matemáticamente un elipsoide se puede definir considerando un parámetro para la forma y otro para el tamaño. En la figura 1 se esquematiza un elipsoide de dos ejes.

Figura 1. Elipsoide revolución, el parámetro a es el semieje mayor y el parámetro b es el semieje menor



Fuente: Elaboración propia (2017).

Por ejemplo, partiendo de que se conocen los valores de los semiejes a y b , se pueden determinar otras cantidades frecuentemente usadas en los cálculos geodésicos. En el conjunto de ecuaciones (1), f es el achataamiento, e es la primera excentricidad, e' es la segunda excentricidad y c es el radio de curvatura polar. Es evidente que también se pueden conocer inicialmente a y f así como también se puede partir de los valores de a y f^l .

$$\left. \begin{aligned} f &= \frac{a-b}{a} \\ e &= \frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a} \\ e' &= \frac{\sqrt{a^2-b^2}}{b} \\ c &= \frac{a^2}{b} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Al tener el elipsoide doble curvatura, es importante también conocer las relaciones matemáticas que permiten el cálculo del radio de la elipse meridiana M y del radio de curvatura del primer vertical N (ver ecuaciones 2).

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin \varphi)^{3/2}} \\ N &= \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin \varphi}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Actualmente y con un incremento notable en la exactitud de los cálculos geodésicos, los elipsoides incluyen, además de sus parámetros geométricos, dos parámetros adicionales: la masa del elipsoide M que representa las propiedades físicas de la Tierra y la velocidad angular de rotación del elipsoide alrededor del semieje menor ω . En el siguiente cuadro, se presentan los principales parámetros geométricos para cuatro de los elipsoides más conocidos y utilizados. Las relaciones matemáticas definen la geometría completa del elipsoide se pueden consultar en (Rapp, 1984), (Jekeli, 2008), (Hooijberg, 1998) y (Hooijberg, 2008).

Cuadro 1. Principales parámetros geométricos para los elipsoide Clarke 1866, Internacional, GRS80 y WGS84

Parámetro	Clarke 1866	Internacional	GRS80	WGS84
a	6378206,4 m	6378388 m	6378137 m	6378137 m
b	6356583,8 m	6356911,946 m	6356752,314 m	6356752,314 m
f	0,003390075304	0,003367003387	0,003352810688	0,003352810672
f^l	294,978698213898	296,999998230593	298,257221538148	298,257222932869
e^2	0,006768657997	0,006722670062	0,006694380036	0,006694380004
e'^2	0,006814784946	0,006768170238	0,006739496788	0,006739496757

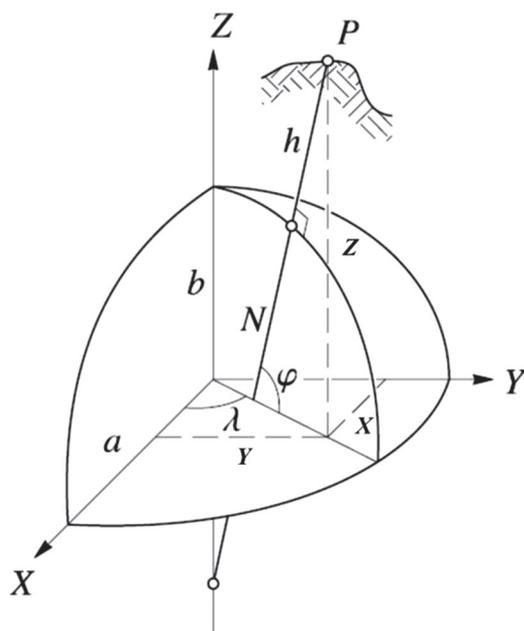
Fuente: Elaboración a partir de Rapp, 1984, Jekeli, 2008, Hooijberg, 1998 y Hooijberg, 2008.

4. Sistemas de coordenadas en geodesia

Es necesario contar con sistemas de coordenadas para ubicar de manera unívoca puntos, líneas y espacios. Si se define un sistema de coordenadas tridimensional con centro en el elipsoide cuyo eje Z coincida con

el eje de su rotación, el eje X quede definido por el centro del elipsoide y la intersección del meridiano de referencia sobre el plano de Ecuador y el eje Y perpendicular a los dos anteriores en sentido dextrógiro, se pueden definir dos tipos de coordenadas para cualquier punto. En primer lugar coordenadas cartesianas, que son coordenadas geocéntricas y se denotan como $[X, Y, Z]$ expresadas en metros. Y en segundo lugar, las coordenadas elipsóidicas o geodésicas denominadas como latitud, longitud y altura denotadas por $[\varphi, \lambda, h]$. La latitud y la longitud elipsóidica son expresadas en grados sexagesimales $[\circ]$, mientras que la altura elipsóidica se expresa en metros. En la figura 2 se muestra este sistema y los dos tipos de coordenadas para el punto P localizado en la superficie terrestre.

Figura 2. Coordenadas geocéntricas X, Y, Z y coordenadas elipsóidicas φ, λ, h



Fuente: Hofmann-Wellenhof et al, 2008, p.278

En el conjunto de ecuaciones (3) se presentan las relaciones que permiten calcular las coordenadas cartesianas $[X, Y, Z]$ a partir de coordenadas elipsóidicas $[\varphi, \lambda, h]$, mientras que en el conjunto de ecuaciones (4) se

tiene el proceso inverso, partiendo de coordenadas cartesianas geocéntricas para obtener coordenadas elipsóidicas. El cálculo de las coordenadas de latitud [φ] y altura [h] se realiza de manera iterativa y el mismo se puede consultar en Hofmann-Wellenhof et al (2008), p.281.

$$\left. \begin{aligned} X &= (N + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ Y &= (N + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ Z &= (N(1 - e^2) + h) \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \tan \varphi &= \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left(1 - e^2 \frac{N}{N + h} \right) \\ \tan \lambda &= \frac{Y}{X} \\ h &= \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos \varphi} - N \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

5. Los sistemas geodésicos de referencia

Los sistemas de referencia son necesarios para modelar las observaciones geodésicas como una función de parámetros desconocidos. Los sistemas están definidos en términos de orientación, métrica y curvatura; y en principio son sistemas tridimensionales. La cuarta dimensión, el tiempo, se contempla con base en los movimientos de la Tierra, sus deformaciones y los movimientos de los cuerpos celestes. De la misma forma como se pueden definir sistemas de referencia para la Tierra, se puede hacer por ejemplo para la Luna y el resto de planetas del Sistema Solar. Las observaciones geodésicas y los modelos derivados de ellas necesitan de un aspecto fundamental, que es la definición de unidades básicas de medida. En la geodesia estas unidades son adoptadas del Sistema Internacional (SI) utilizando el metro [m] para la longitud, el kilogramo [Kg] como unidad de masa y el segundo [s] como unidad de tiempo (Torge, 2001). De acuerdo con Drewes (2009), los marcos de referencia geodésicos son necesarios para referir las observaciones geodésicas y poder estimar parámetros en un único sistema global, por lo se deben considerar las siguientes distinciones:

- El sistema de referencia, en el que se definen un conjunto de constantes, convenciones, modelos y parámetros los cuales sirven como una base matemática para la representación de cantidades geométricas y físicas, por ejemplo, un sistema cartesiano tridimensional con origen en el geocentro, orientación ecuatorial, escala métrica y que rote con la Tierra.
- El marco de referencia, el cual es la realización del sistema de referencia y que contempla dos partes: la física, que es la materialización sólida del sistema por medio de un conjunto de puntos, y la matemática, que es la determinación de parámetros, por ejemplo las coordenadas de las estaciones. El acceso a estos puntos se da por medio de ocupaciones o mediciones (Jekeli, 2006).
- El datum geodésico fija de una manera inequívoca la relación entre un marco de referencia y un sistema de referencia por medio de la asignación de un conjunto de parámetros preestablecidos, por ejemplo, las coordenadas del origen del sistema (X_0, Y_0, Z_0), las direcciones de los ejes coordenados X, Y, Z , y la escala o patrón de medida.

Tanto el sistema de referencia, el datum geodésico como el marco de referencia, adicionalmente deben respetar una jerarquía que toma en cuenta los siguientes aspectos (Drewes, 2009):

- La materialización de un sistema de referencia por medio del marco de referencia y la asignación del datum geodésico, no debe cambiar la definición del sistema de referencia.
- La realización del datum debe ser hecha por medio de mediciones independientes del marco de referencia, es decir, los errores de las mediciones o los cambios físicos en las observaciones afectan el marco, pero no el datum.
- La realización matemática del marco de referencia debe ser hecha por medio de algoritmos que mantengan fijos los parámetros del datum y sigan estrictamente los principios definidos en el sistema de referencia.

En los sistemas bidimensionales geodésicos de referencia, el datum se fija por medio de cuatro parámetros: dos que definen el origen, otro para la orientación y otro para la escala. En los modernos sistemas de referencia

tridimensionales se fijan siete parámetros para el datum, tres para ubicar el origen del sistema, tres parámetros para la orientación de los ejes coordenados y uno para la escala (Drewes, 2009).

6. Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS)

El Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS) constituye un conjunto de prescripciones y convenciones junto con el modelado necesario para definir el origen, la escala, la orientación y la evolución en el tiempo de un Sistema de Referencia Terrestre Geocéntrico (GTRS) anteriormente designado como Sistema de Referencia Terrestre Convencional (CTRS). El ITRS es un sistema ideal de referencia, tal como se definió en la resolución N° 2 de la International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), aprobada en Viena, Austria en 1991 y la resolución N°2 de la IUGG aprobada en Perugia, Italia en 2007. El ITRS se puede relacionar con el Sistema Internacional de Referencia Celeste (ICRS) mediante el uso de los parámetros de orientación de la Tierra (EOP). El ITRS está definido de acuerdo con las siguientes condiciones (IERS, 2016):

- Es geocéntrico, el centro de masa es definido para toda la Tierra, incluyendo los océanos y la atmósfera.
- La unidad de longitud es el metro en concordancia con el Sistema Internacional y está en correspondencia con las resoluciones de la IAU y la IUGG de 1992 y se obtiene por medio de un apropiado modelado relativista.
- Su orientación está dada inicialmente por el Bureau International de l'Heure (BIH) en 1984.0
- La evolución en el tiempo de la orientación se garantiza mediante el uso de una condición de No-Net-Rotation (NNR) con respecto a los movimientos tectónicos horizontales sobre toda la Tierra.

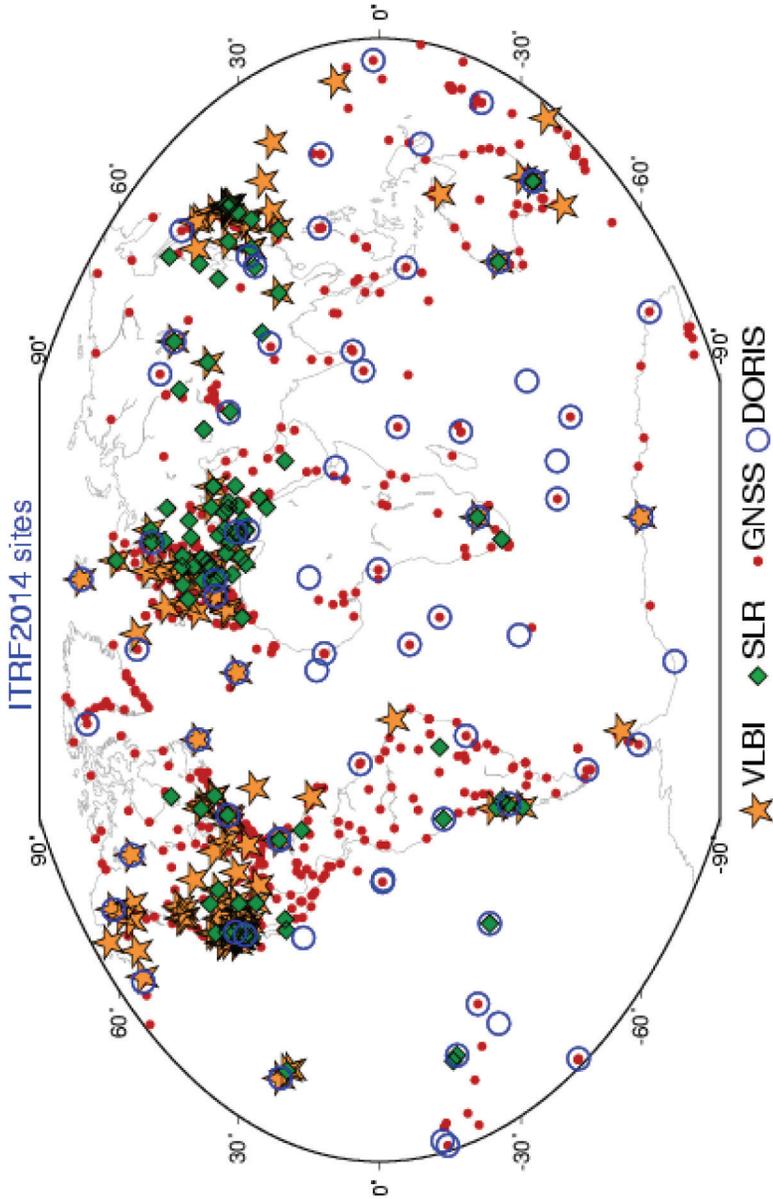
7. Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF)

El Marco Internacional Terrestre de Referencia (ITRF) es un conjunto de puntos con coordenadas tridimensionales y velocidades, las cuales hacen la realización del ITRS (IERS, 2016). El grupo de estaciones que determina el ITRF, están equipadas con varios sistemas de medición de la geodesia satelital como Satellite Laser Ranging (SLR), Doppler

Orbitography Determination and Radiopositioning Integrated on Satellites (DORIS), Global Navigation Satellite System (GNSS), Very Long Base Interferometry (VLBI) (Altamimi et al, 2002) y (IERS, 2016).

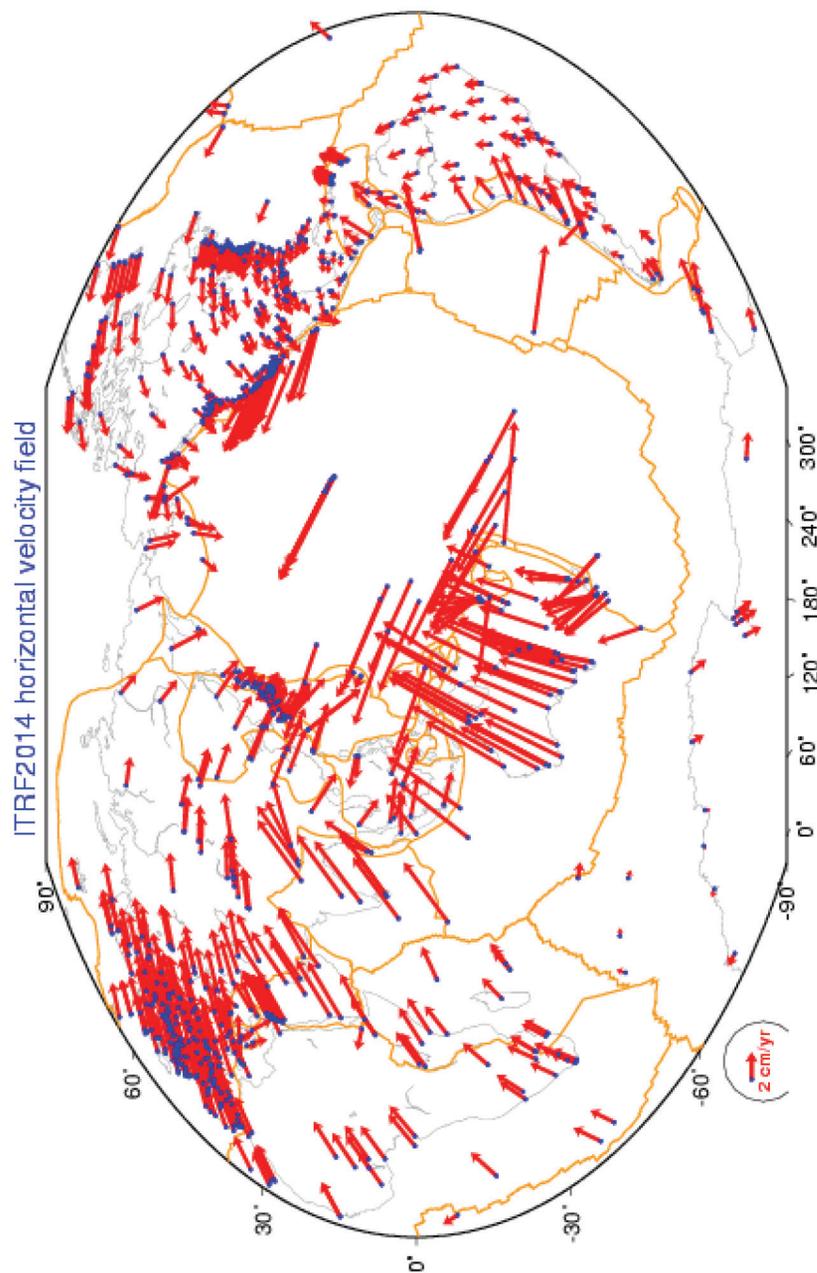
Cada una de estas técnicas contribuye a tener una única solución de ITRF, la cual es determinada por el IERS. El primer ITRF se calculó en 1984 y se denominó BTS84, el cual incluyó en ese momento observaciones del sistema TRANSIT. Desde este primer marco se han calculado diferentes soluciones denominadas como ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000 e ITRF2005, ITRF2008, siendo la más actual el ITRF2014 (IERS, 2016). El ITRF2014 incluye 1499 estaciones localizadas en 975 sitios y cerca del 10% son lugares en donde se tiene 2, 3 o 4 técnicas de medición geodésica tal como se presenta en la figura 3, mientras que la figura 4 se muestra el campo de velocidades resultante asociado al ITRF2014 (IAG, 2016). Las coordenadas geocéntricas de las estaciones, sus variaciones temporales y los parámetros de los EOP están dados a la época de referencia 2010,0 (IERS, 2016)

Figura 3. Localización de las estaciones usadas en la definición del ITRF2014 de acuerdo con la técnica de medición



Fuente: <http://www.iag-aig.org/>

Figura 4. Campo de velocidades horizontal del ITRF2014



Fuente: <http://www.iag-aig.org/>

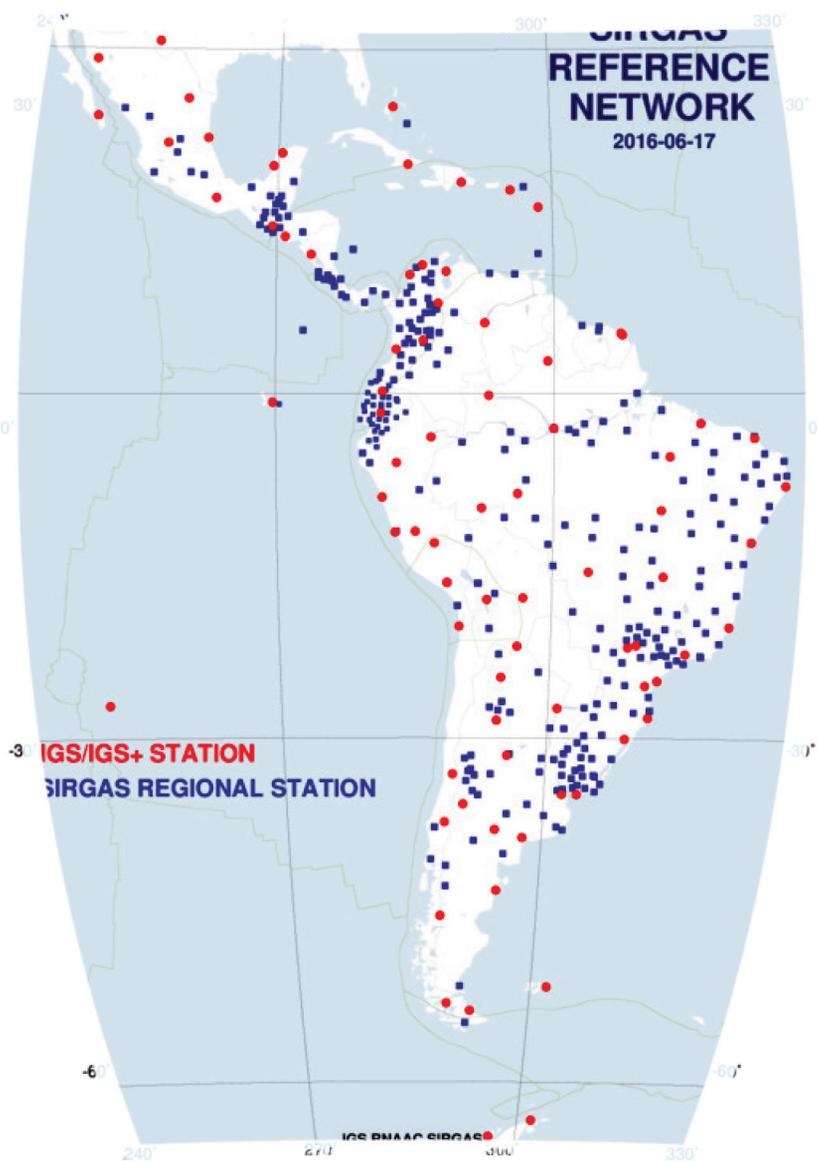
8. El Sistema Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)

El proyecto SIRGAS inició formalmente en 1993 bajo el nombre de Sistema Geocéntrico para América del Sur, con el objetivo de materializar el ITRS en Sudamérica (Brunini, 2007) y (Brunini y Sánchez, 2012). En el año 2001, el nombre cambia oficialmente Sistema Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), debido fundamentalmente al incremento en el número de estaciones continuas ubicadas en el resto de los países del continente. Las actividades científicas y técnicas son coordinadas por los Grupos de Trabajo en colaboración con el consejo científico y los representantes de la IAG y el IPGH (SIRGAS, 2016).

La definición de SIRGAS es idéntica al ITRS y su realización es una densificación del ITRF, ocupándose además de la parte vertical. La realización de SIRGAS es la densificación regional del marco global de referencia terrestre ITRF en América Latina y El Caribe. Las coordenadas SIRGAS están asociadas a una época específica de referencia y su variación con el tiempo es tomada en cuenta ya sea por las velocidades individuales de las estaciones SIRGAS o mediante un modelo continuo de velocidades que cubre todo el continente. Las realizaciones o densificaciones de SIRGAS asociadas a diferentes épocas y referidas a diferentes soluciones del ITRF, materializan el mismo sistema de referencia, y sus coordenadas, reducidas a la misma época y al mismo marco de referencia (ITRF), son compatibles en el nivel milimétrico. La extensión del marco de referencia SIRGAS está dada a través de densificaciones nacionales, las cuales a su vez sirven de marcos de referencia local (Brunini et al, 2012) y (SIRGAS, 2016).

Las estaciones GNSS de operación continua que están integradas de manera oficial a SIRGAS sobrepasan las 400 en todo el continente americano, de las cuales 59 son estaciones del Servicio Internacional del GNSS (IGS). Esta red de funcionamiento continuo denominada como SIRGAS-CON y semanalmente es calculada y sus coordenadas a la época de observación, están en el mismo sistema que las órbitas satelitales finales GNSS (SIRGAS, 2016). En la figura 5 se muestra la red SIRGAS-CON a junio de 2016.

Figura 5. Red de estaciones de operación continua GNSS para SIRGAS a junio de 2016



Fuente: <http://www.sirgas.org>

Todos los productos que se generan como parte de los diferentes proyectos de investigación enmarcados en SIRGAS son de acceso público y gratuito. Entre ellos, uno de los más representativos son las coordenadas semanales de las estaciones de la red SIRGAS-CON. Este conjunto de coordenadas se calcula en una primera etapa por los diferentes Centros de Procesamiento SIRGAS ubicados en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Uruguay y Venezuela, los cuales, entre otras tareas, están encargados de adelantar el procesamiento semanal de la totalidad de la red SIRGAS-CON.

Los datos generados (soluciones semilibres) por cada uno de los Centro de Procesamiento, son enviados semanalmente a los dos Centros de Combinación SIRGAS, localizados en el Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (IBGE) de Brasil y el Instituto Alemán de Investigaciones Geodésicas de la Universidad Técnica de Múnich (DGFI) en Alemania en donde se encargan de generar la solución final semanal de la red SIRGAS-CON. Las coordenadas geocéntricas que resultan de este proceso están vinculadas al ITRF considerado a la época de la medición. Para mayores detalles sobre el proceso de cálculo de la red SIRGAS-CON se puede consultar la dirección: <http://www.sirgas.org/>

8.1. La red de estaciones SIRGAS de Costa Rica

En la actualidad Costa Rica cuenta con un total de 14 estaciones GNSS de operación continua integradas oficialmente a la red SIRGAS-CON. En el cuadro 2 se presentan el nombre de cada una de las estaciones y la institución nacional administradora, mientras que en la figura 4 se muestra su ubicación. En esta figura, el cuadro de color negro se detalla en el extremo inferior mostrando la localización de las 4 estaciones ubicadas en la parte central del país, mientras que las restantes estaciones se indican por círculos de color rojo. La estación ETCG fue la primera en ser oficialmente incluida en el año 2003, mientras que la estación VUKE ha sido la última en ser vinculada a esta red. De la totalidad de estaciones, UCRI se encuentra temporalmente deshabilitada, y la estación NICY ha sido excluida del procesamiento hasta que sea reinstalada en otra ubicación.

Cuadro 2. Nombre de las estaciones GNSS integradas a la red SIRGAS-CON y la institución administradora

Estación	Administrador	Lugar
AACR	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Pavas, San José
CIQE	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	Ciudad Quesada, Alajuela
CRLP	Laboratorio PRIAS. Centro Nacional de Alta Tecnología	Rohrmoser, San José
ETCG	Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS. Universidad Nacional	San Pablo, Heredia
ISCO	UNAVCO	Isla del Coco, Puntarenas
LIBE	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	Liberia, Guanacaste
LIMN	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	Limón, Limón
NICY	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	Nicoya, Guanacaste
NEIL	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	Ciudad Neily, San José
PUNT	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	Puntarenas, Puntarenas
RIDC	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	Curridabat, San José
SAGE	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica	San Isidro del General, San José
UCRI	Escuela de Ingeniería Topográfica. Universidad de Costa Rica	San Pedro, San José
VUKE	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Orosi, Cartago

Fuente: Elaboración propia (2017).

Figura 6. Ubicación de las estaciones GNSS de Costa Rica integradas a la red SIRGAS-CON



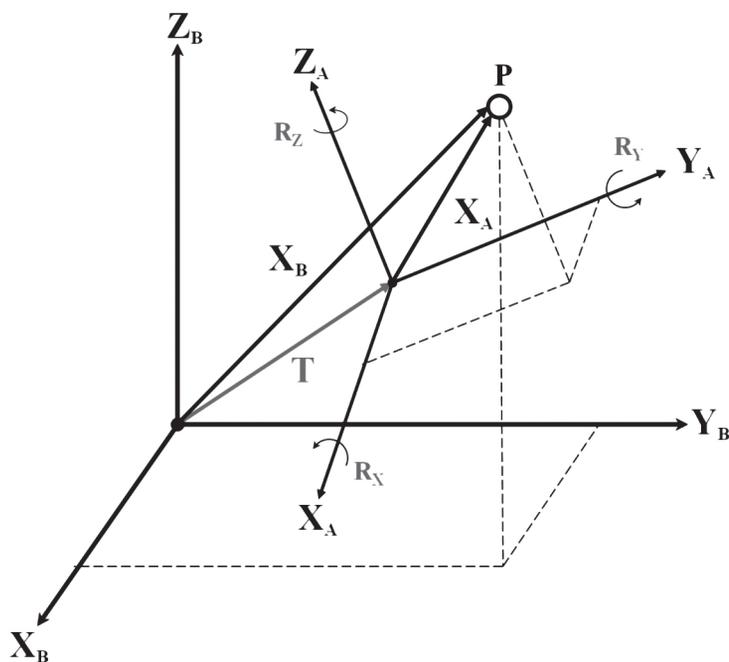
Fuente: Elaboración propia

La red de estaciones SIRGAS de Costa Rica que se encuentran activas, constituyen hoy en día la mejor y la más actualizada referencia geodésica con la cuenta el país, ya que sus datos se procesan semanalmente bajo estrictos estándares y sus coordenadas geocéntricas se vinculan al ITRF más actualizado. Las coordenadas semanales finales se pueden descargar libremente de la web de SIRGAS en la dirección: <http://www.sirgas.org/index.php?id=153>.

9. Transformación de coordenadas entre sistemas tridimensionales

Dos sistemas cartesianos geocéntricos tridimensionales se pueden relacionar por medio de las coordenadas conocidas de un conjunto de puntos en ambos sistemas. El modelo inicial es conocido como transformación semejante de Helmert, es decir no produce deformaciones en los campos puntuales que se están relacionando. En la figura 7 se representa el esquema general de la transformación espacial de coordenadas, en donde se tiene un sistema cartesiano A y un sistema cartesiano B. El punto P posee coordenadas geocéntricas tanto en el sistema A $[X_A, Y_A, Z_A]$ como en el sistema B $[X_B, Y_B, Z_B]$. De esta manera, los dos sistemas se relacionan por medio de 7 parámetros que corresponden con un vector T de tres traslaciones ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) entre los orígenes de ambos sistemas, una matriz de rotación R que reúne los giros alrededor de los ejes X, Y, Z respectivamente y denominados como R_Z, R_Y, R_X y un factor de escala m .

Figura 7. Esquema de la transformación tridimensional de coordenadas



Fuente: Adaptado de Hoffmann-Wellenhof et al, 2008, p. 277

El modelo es conocido como Bursa-Wolf, derivados de los trabajos de Bursa (1962) y Wolf (1963) y en la ecuación (5) se presenta la relación general que permite transformar las coordenadas del sistema A al sistema B, mientras que la ecuación (6) representa el planteamiento matricial. En el caso de las rotaciones se consideran ángulos relativamente pequeños y en unidades de radianes por lo que el coseno de éstos ángulos es prácticamente unitario y el seno del ángulo es igual al ángulo (Deakin, 2006) y (Hoffmann-Wellenhof et al, 2008).

$$X_B = T + mRX_A \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_B = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+m) \begin{bmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_A \quad (6)$$

Si el modelo de transformación considera como origen para las rotaciones el centro de gravedad del sistema A, la ecuación (6) se amplía incluyendo estas coordenadas $[X_0, Y_0, Z_0]$ tal como se muestra en el conjunto de ecuaciones (7) llegando al modelo conocido como Molodensky-Badekas (Deakin, 2006) derivado de los trabajos de Molodensky (1962) y Badekas (1969).

$$\left. \begin{aligned} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_B &= \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1+m) \begin{bmatrix} 1 & R_Z & -R_Y \\ -R_Z & 1 & R_X \\ R_Y & -R_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix}_A \\ X_0 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^A \quad ; \quad Y_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^A \quad ; \quad Z_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i^A \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Para una transformación de datum se parte de los dos vectores de coordenadas geocéntricas referidos a los sistemas que se quiere relacionar, por ejemplo poder transformar coordenadas referidas a un datum

convencional a coordenadas en un datum satelitario. Por lo tanto, las ecuaciones de transformación deben plantearse de forma de determinar los 7 parámetros de transformación a partir de los valores de las coordenadas de los puntos idénticos. Este proceso se realiza aplicando el algoritmo de ajuste geodésico por mínimos cuadrados con $f=3p-u$ grados de libertad, donde p es el número de puntos idénticos (se requieren al menos de tres puntos) y u es la cantidad de parámetros a calcular o incógnitas.

En el caso de transformaciones entre sistemas cuyas coordenadas se deriven de mediciones satelitales GPS o GNSS, el valor de u se reduce a 6 ya que el parámetro de la escala en ambos sistemas es el mismo. Los parámetros de transformación resultantes están expresados en unidades de metros para las tres traslaciones, unidades de radianes para los tres ángulos de rotación y partes por millón [ppm] para la escala.

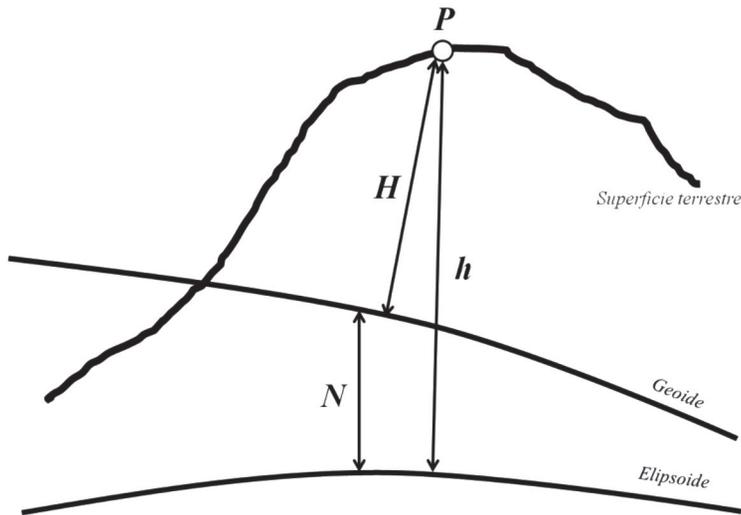
10. Coordenadas verticales

La ubicación de un punto en la superficie terrestre en el cual se han realizado mediciones con sistemas de posicionamiento satelital estará dada primariamente por sus coordenadas cartesianas geocéntricas [X, Y, Z] o sus correspondientes coordenadas elipsoídicas [φ , λ , h]. La altura elipsoídica es la distancia de un punto en la superficie terrestre al elipsoide considerado medida sobre la perpendicular al elipsoide. Sin embargo, en la gran mayoría de aplicaciones prácticas que requieren de la coordenada vertical, se usa el geoide como superficie de referencia. Este tipo de alturas físicas son el resultado procesos convencionales de medición, en los cuales el instrumento se orienta según la dirección de la gravedad, con su eje vertical coincidiendo con la llamada línea de la plomada y su plano horizontal es tangente a la superficie equipotencial respectiva.

En la figura 8 el punto P ubicado en la superficie terrestre tiene dos coordenadas verticales, la altura elipsoídica [h] que es geométrica y la altura física [H] que es la distancia desde el punto P hasta la normal en la superficie del geoide medida sobre la línea de la plomada. La relación entre el elipsoide y el geoide estará dada por medio de la ondulación del geoide [N], que es la distancia que se separa el geoide del elipsoide. Si los procesos de nivelación son acompañados de mediciones de gravedad y se efectúa el adecuado procesamiento de los mismos, se podrá obtener el denominado número geopotencial [C] dado por las diferencias de potencial

entre los puntos nivelados. La denominada cota de un punto, es por lo tanto, el cociente entre el valor de número geopotencial y el valor de la gravedad media $[\hat{g}]$. Si la superficie de referencia para las alturas físicas es el geoide, se tendrán en consecuencia alturas ortométricas.

Figura 6. Relación entre la altura física referida al geoide, la altura elipsóidica referida al elipsoide y la ondulación del geoide



Fuente: Elaboración propia

Si sobre dos puntos A y B se conocen tanto las alturas elipsóidicas h_A y h_B y además se han realizado mediciones convencionales de nivelación y gravedad permitiendo conocer las correspondientes alturas ortométricas H_A y H_B , la relación con la ondulación del geoide estará dada por la ecuación (8).

$$\left. \begin{aligned} h_A &= H_A + N_A \\ h_B &= H_B + N_B \\ \Delta h_{AB} &= \Delta H_{AB} + \Delta N_{AB} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Es importante recalcar que obtener alturas físicas a partir de alturas elipsoídicas y modelos de ondulación del geoide no se satisface plenamente la última relación de conjunto de ecuaciones (8) debido entre otras causas, a la diferente exactitud de las alturas elipsoídicas y las alturas físicas. En las primeras se tienen valores de orden centimétrico y en las segundas, exactitudes milimétrica relativas. Para aplicaciones en las que se requiera una exactitud de varios decímetros a un par de metros, una alternativa es utilizar la última relación de la ecuación (8). Los conceptos teóricos y desarrollos matemáticos completos sobre este tema se pueden consultar en Moritz en (1979), Heiskanen y Moritz en (1985), Torge en (1989) y Hofmann-Wellenhof y Moritz en (2006).

11. Proyecciones cartográficas

En los apartados anteriores es evidente que cualquier punto sobre la superficie terrestre será ubicado por medio de una terna de coordenadas geocéntricas y sus respectivas coordenadas elipsoídicas. Sin embargo, considerando que una de las tareas fundamentales de la geodesia es la representación de los elementos terrestres se necesitará para este fin, trabajar solamente con las coordenadas elipsoídicas de latitud y longitud.

Las proyecciones cartográficas son funciones matemáticas que permiten obtener coordenadas planas a partir de coordenadas elipsoídicas. La forma general está dada en el conjunto de ecuaciones (9), donde x' , y' representan las coordenadas planas o cartográficas de un punto, F_1 y F_2 son las funciones de proyección que tienen implícitas las propiedades de equidistancia, equivalencia o conformidad (Bretterbauer, 2002).

$$\left. \begin{aligned} x' &= F_1(\varphi, \lambda) \\ y' &= F_2(\varphi, \lambda) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Las aplicaciones geodésicas implican generar mapas conformes, entiendo la conformidad como aquellas propiedades matemáticas en las funciones de proyección, que preservan o mantienen los ángulos en lo diferencial, es decir, si el valor de un ángulo sobre el elipsoide deberá ser igual inclusive después de ser proyectado a la carta.

La meta de las proyecciones cartográficas es proyectar la superficie del elipsoide o superficie original a la carta o superficie imagen, la cual no puede darse sin sufrir deformaciones pues se está pasando de una superficie curva a una plana. Convencionalmente, se entiende que la información de partida debe ser trasladada primeramente superficie denominada como auxiliar, cuya característica principal es que sean desarrollables en un plano. Al respecto se distinguen los siguientes casos:

- Proyección cónica: se entiende como un cono que rodea la superficie del elipsoide el cual es tangente en un paralelo específico llamado de paralelo de contacto o estándar. Esto implica que el cono sea de sección elíptica y las funciones de proyección generan un haz de rectas para los meridianos y círculos concéntricos para los paralelos. Tanto los meridianos como los paralelos parten de un punto llamado vértice del cono. Generalmente, se define que el paralelo de contacto se proyecte sin distorsión. La proyección de Lambert es el ejemplo clásico de una proyección cónica conforme.
- Proyección cilíndrica: Si el punto denominado como vértice del cono se extiende hacia el infinito, el cono se convierte en un cilindro que será tangente en el Ecuador e igualmente de sección elíptica. En posición transversa, el cilindro es tangente a un meridiano que se denominada meridiano de contacto o estándar, el cual se proyectará sin distorsión en el mapa.
- Proyección azimutal: Si por el contrario, el punto vértice del cono se hace coincidir con uno de los polos, el cono se convierte en un plano tangente precisamente a uno de los polos. Este tipo de proyección es usada evidentemente para las zonas polares, donde los meridianos son un haz de rectas que parten del punto de tangencia, mientras que los paralelos son círculos concéntricos con centro en el punto de tangencia. Dependiendo de las características que se necesiten, por ejemplo las funciones de proyección pueden generar meridianos sin distorsión.

12. Transformación polinómica

Este método consiste fundamentalmente en la determinación de los coeficientes de un polinomio de grado n , el cual representa la superficie de mejor ajuste entre los dos campos puntuales. El modelo clásico utilizado se plantea

inicialmente en términos de correcciones a las coordenadas geodésicas (NIMA, 2004). El modelo es conocido también como regresión múltiple y la determinación de los coeficientes del polinomio se hace por medio de un ajuste por mínimos cuadrados considerando las coordenadas de los puntos idénticos.

En la ecuación (10) se presenta una adaptación de la función original para los casos en que se requiera realizar una transformación entre coordenadas de distintos planos cartográficos, en donde N_B , E_B son las coordenadas en el plano cartográfico B, a_{00} y b_{00} son términos constantes, a_{ij} , b_{ij} son los coeficientes del polinomio y n , e son las coordenadas reducidas a los respectivos baricentros. En este caso se quiere obtener coordenadas en el plano B a partir de los coeficientes de los dos polinomios y de las coordenadas reducidas del plano A.

$$\left. \begin{aligned} N_B &= a_{00} + a_{10}n + a_{01}e + a_{20}n^2 + a_{11}ne + a_{02}e^2 + a_{30}n^3 \\ &\quad + a_{03}e^3 + a_{21}n^2e + a_{12}ne^2 + \dots + a_{99}n^9e^9 \\ E_B &= b_{00} + b_{10}n + b_{01}e + b_{20}n^2 + b_{11}ne + b_{02}e^2 + b_{30}n^3 \\ &\quad + b_{03}e^3 + b_{21}n^2e + b_{12}ne^2 + \dots + b_{99}n^9e^9 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

En este tipo de transformación, el polinomio se ajustará mejor a los puntos implicando por lo tanto una afinidad entre los dos campos puntuales. No debe entenderse lo anterior como una mejoría en la transformación al elevar el grado de polinomio, ya que como en cualquier proceso de este tipo la exactitud de los resultados dependerá de la calidad y la distribución de los puntos idénticos.

Conclusiones

- Es de suma importancia, para los usuarios que trabajen con información geoespacial, tener un conocimiento general sobre la base teórica de los fundamentos de la geodesia, como la ciencia encargada del estudio del sistema Tierra. Se han expuesto de manera general una serie de conceptos necesarios que facilitarán esta tarea, siendo necesario que el usuario profundice mucho más en los temas que le demanden un interés particular.

- La determinación precisa de la forma de la Tierra ha sido y sigue siendo una de las tareas fundamentales de la geodesia. Desde esa perspectiva se debe tener claro que dependiendo de las aplicaciones que se requieran, es suficiente considerar un modelo simplificado de la Tierra, es decir una esfera, sin embargo, las finalidades de carácter oficial implican necesariamente adoptar un modelo más complejo como el elipsoide de revolución como la mejor aproximación a la forma real de la Tierra.
- El usuario debe tener presente que la información geoespacial no está aislada, debe estar generada dentro de una estructura matemática diseñada con propósitos muy claros. De ahí que es importante tener presente los conceptos generales de sistema de referencia como la idealización matemática, el de marco de referencia como la materialización en el terreno del sistema de referencia y de la misma forma el concepto de datum, el cual está vinculado con una serie de parámetros que permiten la relación directa entre el sistema y el marco de referencia. Por supuesto, no debe haber mezcla de los conceptos anteriores con el elipsoide que en muchas aplicaciones y productos es erróneamente entendido como un datum. Es importante dejar claro que cada uno tiene sus características y no deben usarse de manera indistinta.
- Es claro como las diferentes técnicas, algoritmos y modelos matemáticos permiten trabajar actualmente con marcos de referencia dinámicos. El ITRF2014, constituye la mejor referencia global, pues se ha determinado con series de datos muy largas y contemplando los cambios en las estaciones de referencia.
- Los sistemas de coordenadas son básicos cuando se trabaja con información geoespacial. Es imperativo conocer que modernamente la información puede estar descrita ya sea en coordenadas geocéntricas (resultados de SIRGAS), coordenadas geodésicas o elipsoídicas (resultados de levantamientos GNSS) o coordenadas cartográficas y de ahí la importancia de saber cómo están relacionadas. En la parte vertical, se expusieron brevemente dos conceptos fundamentales, el de altura geométrica o elipsoídica y el de altura física. Ambos están vinculados por la ondulación del geoide, sin embargo, se recomienda

- ampliamente informarse adecuadamente cuando las necesidades requieran el uso de esta componente.
- La relación entre dos diferentes datum está dada por medio de los modelos descritos en el apartado 9, los cuales son semejantes. La determinación de los parámetros de transformación entre dos datum parte de un conjunto de puntos idénticos, es decir de puntos con coordenadas geocéntricas conocidas en ambos sistemas. Los parámetros de transformación serán tan buenos como lo sean las coordenadas de partida y la distribución espacial de los puntos. Se debe hacer notar que la aplicación de un conjunto de parámetros de transformación, no mejorará las coordenadas del campo resultante.
 - En el apartado 12 se presentó el modelo clásico de transformación polinómica en su adaptación a dos planos cartográficos diferentes. Este tipo de transformación es afín y la misma se suele utilizar ante la ausencia de las variables geodésicas respectivas, que permitan la aplicación de una transformación de 7 parámetros entre sistemas cartesianos geocéntricos. Lo anterior implica que una transformación de este tipo (polinómica) es una solución aceptable desde el punto de vista cartográfico. Existen otras variantes de modelos de transformación que el lector puede consultar en la bibliografía respectiva.
 - Las relaciones matemáticas que permiten la conversión y la transformación de coordenadas geodésicas y de coordenadas cartográficas, la georreferencia y la ortorectificación, están integradas en las herramientas de los SIG. Sin embargo, el resultado de cada proceso dependerá principalmente de los insumos aportados por el usuario, especialmente en cuanto a la referencia de los datos.
 - Finalmente, se presentaron generalidades sobre el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) cuya influencia en Latinoamérica ha sido muy importante. En Costa Rica se cuenta con más de una decena de estaciones GNSS de operación continua que materializan el ITRF en el país. Además, esta red representa actualmente la referencia geodésica de más alta calidad y con la mejor exactitud.

Referencias

- Altamimi, Z., P. Sillard y C. Boucher. (2002). *ITRF2000: A New release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications*. Journal of Geophysical Research, 107(B10), 214. 1-19.
- Badekas, J. (1969). *Investigations related to the establishment of a world geodetic system*. Report No. 124, Department of Geodetic Science, Ohio State University, Columbus, Ohio.
- Bursa, M. (1962). The theory for the determination of the non-parallelism of the minor axis of the reference ellipsoid and the inertial polar axis of the earth, and the planes of the initial astronomic and geodetic meridians from observations of artificial earth satellite. *Studia Geophysica et Geodetica*, 6, 209-214.
- Bretterbauer, K. (2002). *Die runde Erde eben dargestellt Abbildungslehre und sphärische Kartennetzentwürfe*. Instituto de Geodesia y Geofísica. Departamento de Geodesia Avanzada. Universidad Técnica de Viena, Austria. 106 pp.
- Brunini, C. (2007). *SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas*. La Plata, Argentina Simposio “IDE América: Conceptos, Prácticas y Proyectos” IPGH-IGAC, Bogotá.
- Brunini, C. y Sánchez, L. (June, 2012). *Geodetic activities in Latin America and The Caribbean: always IN*. Coordinates, VIII, (6), 14-21.
- Bruns, H. (1878). *Die figure des Erde*. Berlin: Editorial P. Stankiewicz,
- Drewes, H. (Ed). (2009). *Geodetic Reference Frames*. International Association of Geodesy Symposium 134. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI 10.1007/978-3-642-00860-3_39
- Deakin, R. (2006). *A Note on the Bursa-Wolf and Molodensky-Badekas Transformations*. School of Mathematical & Geospatial Sciences. RMIT University, Australia. En línea. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/>
- GGOS. (2016). *Global Geodetic Observing System*. En línea. Disponible en: <http://www.ggos.org/>
- Heiskanen, W. y Moritz, H. (1985). *Geodesia Física*. Instituto Geográfico Nacional de España, Instituto de Astronomía y Geodesia. Madrid, España. 371 pp.

- Hoffmann-Weelenhof, B., Lichtenegger, H. y Wasle, E. (2008). *GNSS Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo & more*. Springer Wein, New York. Estados Unidos. 568 pp.
- Hooijberg, M. (1998). *Practical Geodesy Using Computer*. Springer-Verlag Berlin, Alemania. 308 pp.
- Hooijberg, M. (2008). *Geometrical Geodesy Using Information and Computer Technology*. Springer-Verlag Berlin. Alemania 438 pp.
- IERS. (2016). *International Earth Rotation Service*. En línea. Disponible en: <http://www.iers.org/>
- IAG-GGOS. (2016). *International Association of Geodesy*. On the Geodesy. En línea. Disponible en: <http://www.iag-ggos.org>
- Jekeli, C. (2006). *Geometric Reference System in Geodesy*. Division of Geodesy and Geospatial Science. School of Earth Sciences. Ohio State University. 202 pp.
- Leick, A. (2004). *GPS Satellite Surveying*. Editorial Wiley. Tercera Edición. Estados Unidos. 464 pp.
- LGFS. (2016). *Laboratorio de Geodesia Física y Satelital*. Universidad del Zulia, Venezuela. En línea. Disponible en: <http://www.lgfs.luz.edu.ve/>
- Lu, Z., Qu, Y. y Quiao, S. (2014). *Geodesy Introduction to Geodetic Datum and Reference Systems*. Springer Heidelberg New York Dordrecht London. DOI 10.1007/978-3-642-41245-5_5
- Molodensky, M.S., Eremeev, V.F. y Yurkina, M. I. (1962). *Methods for the Study of the External Gravitational Field and Figure of the Earth*. Israeli Programme for the Translation of Scientific Publications, Jerusalem.
- Moritz, H. (1979). *Advanced Physical Geodesy*. Wichmann. 500 pp.
- NIMA. (2004). WGS84 definition/relationships with Geodetic Systems. Technical Report, No. 8350.2, National Imagery and Mapping Agency, Washington.
- Rapp, R. (1991). *Geometric Geodesy Part I*. The Ohio State University. Department of Geodetic Science and Surveying. EE.UU. 189 pp.
- Seeber, G. (2003). *Satellite Geodesy*. Walter de Gruyter-Berlin-New York. 589 pp.
- SIRGAS. (2016). *Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS)*. En línea. Disponible en: <http://www.sirgas.org>

- Torge, W. (1989). *Gravimetry*. Walter de Gruyter. Berlin, Alemania. 465 pp.
- Torge, W. (2001). *Geodesy*. 3rd. Edition. Walter de Gruyter-Berlin-New York. 416 pp.
- Wolf, H. (1963). Geometric connection and re-orientation of three-dimensional triangulation nets. *Bulletin Geodesique*, 68, 165-169.

O ESTUDO DA CIDADE E DO CIDADÃO: A CLASSE COMO INTERVENÇÃO DIDÁTICA PARA ENSINAR GEOGRAFIA

EL ESTUDIO DE LA CIUDAD Y LOS CIUDADANOS: LA CLASE COMO UNA INTERVENCIÓN DE ENSEÑANZA PARA ENSEÑAR A LA GEOGRAFÍA

THE CITY AND CITIZEN STUDY: THE CLASS AS DIDACTIC INTERVENTION TO TEACH GEOGRAPHY

*Ana Claudia Ramos Sacramento*¹

Universidade de Estado de Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO

O objetivo deste artigo é discutir como as aulas de Geografia, a partir de uma didática histórico-crítica, pode ser pensada como um referencial teórico sobre os conteúdos e conceitos de cidade e de urbano. Compreender o mundo atual tem sido o desafio dos docentes na escola básica, pois diferentes recursos didáticos, conceitos e metodologias têm surgido ou emergido para repensar os caminhos de mediar o conhecimento. A partir da metodologia de pesquisa da etnografia escolar buscamos compreender o espaço da aula de sala e como construir formas de ensinar de maneira crítica e reflexiva. As atividades apresentadas foram realizadas em turmas de 2º e 3º anos do Ensino Médio, em duas escolas públicas do Estado do Rio de Janeiro. Os resultados mostram que ao trabalhar com esta concepção didática, os estudantes se tornam sujeitos ativos.

1 Acadêmica, Universidad de Estado de Rio de Janeiro – Brasil-BR. Correo eletrônico: anaclaudia.sacramento@hotmail.com

Fecha de recepción: 10 de marzo de 2016
Fecha de aceptación: 19 de octubre de 2016

Palavras-chaves: cidade, urbano, cidadão, ensino de geografia, didática histórico-crítica.

RESUMEN

El propósito de este artículo es discutir cómo las lecciones de geografía de una enseñanza histórico-crítico puede ser considerados como un marco teórico sobre los contenidos y conceptos de ciudad y urbana. Comprender el mundo de hoy ha sido el reto de los maestros de las escuelas primarias, ya que diferentes recursos para enseñar conceptos y metodologías han surgido o emergido para repensar las formas de mediación de conocimientos. A partir de la metodología de investigación de la etnografía escolar pretendemos entender el espacio de la clase habitación y la forma de construir formas de enseñar de forma crítica y reflexiva. Las actividades presentadas se llevaron a cabo en las clases de segundo y tercero años de dos escuelas secundarias en dos escuelas públicas en el estado de Río de Janeiro. Los resultados muestran que cuando se trabaja con este diseño didáctico, los estudiantes se convierten en sujetos activos.

Palabras clave: ciudad, urbe, ciudadano, enseñanza de la geografía, didáctica histórico-crítica.

ABSTRACT

The objective of this article is to discuss how the classes of Geography, based on a historical-critical didactics, can be thought of as a theoretical reference on the contents and concepts of city and urban. Understanding the current world has been the challenge of teachers in basic school, because different didactic resources, concepts and methodologies have emerged or emerged to rethink the ways of mediate knowledge. From the research methodology of school ethnography we seek to understand the space of classroom and how to construct ways of teaching in a critical and reflective way. The activities presented were carried out in 2nd and 3rd grade classes at two public schools in the State of Rio de Janeiro. The results show that in working with this didactic concept, students become active subjects.

Keyword: City, urban, citizen, geography teaching, historical-critical didactics

Introdução

Podemos dizer que a escola do século XXI tem sofrido exigências diariamente para que seus estudantes tenham novas formas de conteúdo, novos valores, novas concepções de mundo, devido às questões globais como a homogeneização dos espaços, e ao mesmo tempo as desigualdades sociais, socioeconômicas, socioambientais; a violência, o desemprego e tantos outros problemas que estão no espaço e fazem parte da construção social de um país e outros que promovem impactos nas vidas cotidianas.

Sendo assim, as novas concepções nos permitem pensar como são as práticas cotidianas das pessoas e suas relações com o lugar vivido. Para tanto, a formação da cidadania tem de ser uma prática comum de construção e reconstrução de conhecimentos, capacidade e valores, assim como as práticas socioespaciais dos estudantes, que caminham, circulam e conhecem partes das cidades que têm as vivências dos problemas que ocorrem nelas.

A instituição escolar tem o papel de promover o conhecimento das disciplinas escolares, a fim de formar cidadãos capazes de ler os fenômenos espacializados no mundo vivido, que são construídos nas mediações didáticas, como nas aulas, em que os professores devem buscar dialogar com os conhecimentos cotidianos científicos para desenvolver uma aprendizagem significativa para os estudantes.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar como as aulas mediadas a partir da didática histórico-crítica constrói o entendimento dos estudantes do ensino médio acerca das temáticas de cidade e de urbano. Sabendo-se que a cidade é um tema estudado nos currículos de várias partes do mundo, mas que muitas vezes não é trabalhado como conteúdo dos outros conteúdos, ou seja, quando se trabalha os elementos físicos, não há a articulação com a cidade, ou quando se trabalha com a população, não se discute efetivamente as relações com a cidade.

Quanto à metodologia, este trabalho está articulado à pesquisa qualitativa, sendo o foco a abordagem da etnografia escolar cuja análise será a partir da construção das aulas de Geografia em três turmas de 2º ano do ensino médio, com a participação de cem estudantes. Estas aulas foram realizadas em uma escola federal localizada no município de Seropédica, nos períodos de 2014; como também em uma escola estadual localizada no município de São Gonçalo no período de 2015, em que se trabalhou com três turmas do 3º ano, totalizando cem estudantes. Além destes, houve a participação de três professoras. Vale destacar que ambas as escolas estão localizadas no estado do Rio de Janeiro.

Assim, esta pesquisa busca descrever, compreender e interpretar os fenômenos educativos presentes no contexto escolar. De acordo com o que Franco e Ghedin (2008) analisam, cada escola tem um contexto, uma comunidade diferenciada, que estimula um tipo de sentido e de significado para as suas ações educativas.

A pesquisa etnográfica procura compreender como se dão essas relações em seu contexto e em que sentido revelam uma cultura construída com base na escola. (FRANCO E GHEDIN, 2008, p. 203).

A etnografia escolar permite um processo de interpretação que tem a possibilidade de compreensão do outro, daquilo que os sujeitos de verdade

são, estando ligado a um modo de perceber o mundo do outro ou de treinar o olhar para aprender como as pessoas agem sobre algo. Segundo André (2000, p. 28-30), a etnografia é a descrição de um sistema de significados culturais de um determinado grupo.

Assim, segundo a autora, podemos também trabalhar com três fases, ou seja, etapas que marcam a construção do processo metodológico, necessário para organização da pesquisa. Elementos estes que permitem caracterizar na seleção e na definição de problemas, a escolha do local da pesquisa; sistematização dos dados e explicação e interpretação da realidade.

Este texto está dividido em cinco momentos: o primeiro, cuja discussão gira em torno do ensino da cidade e do urbano na formação do cidadão; o segundo, que tem a cidade como conteúdo; o terceiro, em que a cidade é entendida enquanto representação espacial; o quarto, em que a aula é entendida a partir da discussão da didática histórico-crítica, e o quinto, em que se destaca a construção das aulas de Geografia da cidade e do urbano do Rio de Janeiro numa concepção histórica-crítica dos estudantes.

O ensino da Cidade e do Urbano na formação cidadã

Pensar o ensino e a construção de uma formação cidadã é uma forma de conscientizar os estudantes sobre seus direitos, suas ações para compreender a importância de lutar por igualdade social, ambiental e econômica.

Desde sua origem na Grécia Antiga, os cidadãos eram vistos como aqueles que viviam na cidade e tinham posses e negócios, ou seja, uma cidadania não para todos, mas para uma minoria, e que ao longo da história foi sendo “mudada” de acordo com as concepções filosóficas e teóricas do mundo. Até os dias atuais analisada por muitos como uma cidadania para o consumo, o que percebemos são concepções de cidadania que não condizem com aquilo que a escola deveria conceber para os seus estudantes.

Podemos dizer que a cidadania é a possibilidade de ter direito sobre seus direitos, ou seja, ter a consciência de refletir sobre as diferentes formas de práticas e exercícios de atos, para estar e ser no mundo e sobre ela aprender a ter a oportunidade de intervir junto com os outros, a defender suas ideias ou compreender como se estabelecem as contradições.

Para Cavalcanti (2011), o conceito de cidadania é pensado tanto do ponto de vista da vida pública e seus aspectos formais, quanto para os direitos e deveres no sentido ético, assim como o processo cultural com os

direitos à igualdade. Para tanto, segundo a autora, a escola pode construir ações democráticas e ativas para recriar os processos histórico, social, econômico e cultural do município, do estado, do país. Além disso, trabalhar conjuntamente com as práticas socioespaciais dos estudantes para que eles tenham consciência de seus espaços, ou seja, saibam ler os fenômenos que estão transformando seus espaços vividos e de outras escalas, de forma a saber intervir, conhecer seus signos e símbolos, e lutar por seus direitos de viver sobre ela.

Assim, pensar uma Educação Cidadã é uma possibilidade de transformação na forma de ensinar, uma vez que se reflete sobre as mudanças da vida socioespacial estabelecida pelos governos, pela produção do trabalho, pelos conflitos sociais, como também pelas práticas sociais dos passantes e de seus próprios habitantes de um determinado lugar.

Trabalhar com uma concepção de educação cidadã é analisar como as contradições da vida estão presentes em todas as relações na forma como vivemos, além de compreender as diferentes ideologias que se apresentam no processo de mudanças da forma como construímos nossas relações com o mundo (físico, econômico, social, político).

Busca-se, igualmente, analisar as situações práticas dos diferentes movimentos sociais, dos impactos da segregação espacial, para trabalhar as concepções do mundo e saber lutar. Assim, a escola é um lugar importante para promover atividades que permitam aos estudantes compreender o modo de viver, e também de intervir em suas diferentes escalas para que os movimentos de mudanças sejam constantes na prática socioespacial.

Pensar a cidadania espacial é permitir que estes estudantes possam analisar os fenômenos geográficos que fazem parte das suas práticas socioespaciais Couto (2011), pois eles habitam, são habitantes, circulam, vivem um mundo de maneira coletiva, mas também de forma individualizada. Portanto, eles caminham em diferentes tipos de espaço, organizam sua vida de acordo com as condições espaciais, dos objetos, das práticas sociais e políticas que estão materializadas em formas, estruturas e conteúdos de uma dada realidade.

Compreender os aspectos argumentados por Páges (2005) apud Martija et allí (2013, p. 31) como: a) construir um olhar sobre o mundo no sentido crítico; b) adquirir maturidade política ativa e participativa como cidadãos do mundo; c) trabalhar sobre os problemas sociais e políticos

contemporâneos, d) aprender a debater, construir suas próprias opiniões para criticar, a escolher a analisar os fatos, dentre outros. Desse modo, é entender a importância de ensinar para a cidadania, e ajudar os estudantes no desenvolvimento de uma consciência espacial sobre as diferentes transformações do mundo contemporâneo e as possibilidades de leitura deste, devido à forma como as pessoas vivem em suas moradias e têm relações com elas e com os outros.

Ademais, ter a consciência de que um cidadão do mundo contemporâneo capitalista está relacionado não somente com a prática de consumo ou com a de mercadorias, mas também com os espaços de lazer, cultura, trabalho e luta por moradia.

Busca-se, igualmente, destacar a importância de se ter ciência acerca da construção histórica de seu lugar, para saber como as concepções socioespaciais e territoriais foram se transformando com as formas de ocupação e intervenções sobre as paisagens, sobre os povos e sobre o governo do país.

É fundamental conhecer e compreender também os problemas que cercam a vida cotidiana, como a pobreza, violência, criminalidade, desemprego, moradia, desigualdade social e outros, assim como aqueles que nela vivem, uma vez que por vezes na escola estes tópicos não são trazidos como impacto em suas territorialidades.

Assim também são as questões políticas, que por meio de suas leis e decretos para “organizar” o espaço transformam a forma de viver de uma dada população, como o direito à moradia, de ir e vir, de organização urbana das cidades, que desagregam e marginalizam grande parte da população; a luta de classe, do ambiente e de outros, que mostram a necessidade de trabalhar com as questões não somente nos aspectos nacionais - como estão nos currículos e nos livros didáticos -, mas também articulando com as práticas socioespaciais dos estudantes.

Desta maneira, estes podem aprender a debater e a criticar os problemas e situações que acontecem nos seus bairros, na sua cidade, ou até no seu país; através dos conteúdos e argumentos trabalhados na sala de aula, que os fazem entender os processos de transformações espaciais do mundo contemporâneo.

Trabalhar com as práticas socioespaciais é promover uma ruptura no ensino de geografia, segundo afirma Couto (2011), por meio da construção

de metodologias de ensino que suscitam os exercícios reais de seus direitos e deveres sobre a compreensão do mundo em que vivem.

Pensar a cidade como um conteúdo para ensinar Geografia

A cidade é uma parte do espaço geográfico, logo, parte da vida cotidiana dos estudantes, do conteúdo da disciplina Geografia. Sendo assim, aquela está carregada de um conjunto de valores, conhecimento, capacidades e atitudes que levam o professor a ensinar o conhecimento a fim de garantir o desenvolvimento e a socialização dos estudantes. Portanto, os professores podem construir atividades didáticas para capacitar aqueles a analisar seus espaços, e compreender como a cidade pode ser trabalhada em aula.

A intenção é desenvolver as capacidades mais amplas que fazem parte da aprendizagem dos estudantes ao tratar do tema Cidade e Urbano, e seus outros conteúdos disciplinares. Portanto, o objetivo é promover as capacidades motoras ao elaborar atividades que proporcionem aos estudantes dialogarem entre si, além da questão da cidadania, ao oferecer conteúdos que construam identidades, como também a compreensão de seu espaço vivido.

A função do conteúdo se relaciona à consciência espacial e com ela, a formação do cidadão, possibilitando ao estudante uma visão de mundo, de realidade de vida. A ideia é que os sujeitos-estudantes a formarem uma consciência da espacialidade dos fenômenos vivenciados.

Pensar a cidade e o urbano como um conteúdo para ensinar Geografia a partir da educação cidadã, é desenvolver a compreensão das bases do lugar vivido por meio das práticas socioespaciais. Como também as relações globais e locais que se caracterizam por conta do mundo, em que os fluxos e as redes se estabelecem mais rápido, o significado do estudo da cidade e do urbano permite que os estudantes reflitam sobre as situações que passam em seus bairros e sua cidade, os problemas urbanos, ambientais, sociais, fluxos e redes, dos aspectos físicos, suas paisagens, seus patrimônios históricos, seus arranjos territoriais, que muitas vezes não são articulados no cotidiano escolar (Moreno, 2011).

Assim, o estudo da cidade tem uma questão vital, pois se conhece e pensa sobre ela por aqueles que vivem, andam, consomem suas práticas cotidianas, da ida ao centro para fazer seus usos mais complexos, como

em seus bairros. Ademais, a cidade é um arranjo territorial complexo, no qual seus signos, símbolos de significados espaciais a compõem como tal.

Para Moreno (2011), pensar a cidade é parte de uma dinâmica do próprio espaço, pois as mudanças e consequências nas estruturas conceituais permitem construir um projeto local e nacional para sanar as necessidades dos cidadãos, dos homens e mulheres que vivem no urbano, mas que não conhecem o ambiente em que vivem. Por isso a importância de compreender as práticas socioespaciais na escola, pois assim se rompe a ideia de um conteúdo distante dos estudantes, aproximando-os destes.

Para Castellar (2011), o estudo deste tema nos oferece vários conceitos e conteúdos para pensar como educar os estudantes geograficamente: apreender as questões de concepção de “natureza” no urbano; analisar de maneira profícua o tipo e o uso dos solos e das bacias hidrográficas; construir exercícios cartográficos sobre a cidade, entender a regionalização e diferenciação dos bairros e seus objetos geográficos. Desta maneira, estudar as atividades econômicas internas ao urbano, as diferentes ocupações da cidade e os problemas urbanos que atingem a vida de seus habitantes.

O destaque para o estudo da cidade está em compreender como a cidade, tal como um espaço educativo, pode ensinar a todos a existência de um lugar de contradição socioespacial e ambiental. Rodríguez e Barrera (2011) destacam a importância do estudo da cidade e de aprender sobre ela para desenvolver a aprendizagem de diferentes temáticas, como as sociais, econômicas, de paisagem e outros, que resultam na formação do indivíduo.

Para os autores, estudar a cidade permite ao indivíduo ter diferentes conteúdos para aprender a ler e analisar os diversos processos que a cidade oferece, de modo a ser um cidadão ativo e conhecedor das situações que acontecem sobre a cidade.

As concepções de ensinar Geografia e a cidade, segundo Sacramento (2012, 2014), têm por objetivo pensar uma educação geográfica que possibilite articular os conceitos e os conteúdos na mediação do conhecimento, a fim de analisar espacialmente as diferentes concepções espaciais, que podem ser histórico-patrimoniais, ambientais, morfológicas; e também como função de escala, em que o cidadão atua como protagonista na construção do seu conhecimento.

A Cidade como uma representação do espaço geográfico

A cidade é uma parte do espaço geográfico, o qual é transformado por meio da produção e da apropriação de representações criadas por seu imaginário dentro de um espaço concreto. Sendo assim, é um espaço contraditório, ou seja, constitui-se das relações socioespaciais complexas e dialéticas pela forma de produção e reprodução da luta de classe, criando, assim, diferentes espaços segregados, segundo afirma (Harvey, 1980).

O espaço social é marcado pela sociedade, que com suas práticas sociais possui múltiplos aspectos: econômico, político, cultural; os quais se entrecruzam, produzindo mudanças por conta da aceleração da globalização. Tais práticas estão imbuídas da relação material e objetiva da produção e das relações do trabalho, mas também da relação subjetiva com os diferentes significados (Lefebvre, 2001).

Segundo Harvey (1980), ao perceber a importância da análise sobre a forma espacial, talvez seja pertinente decifrar as mensagens que as pessoas recebem e passam de seu ambiente construído - suas atividades espaciais na cidade -. As complexas relações que se configuram - uma vez que a sociedade experimenta novas práticas sociais - estão em volta de novas experiências e transformações das formas espaciais, que se organizam significativamente com o contexto em que esta se encontra. As experiências espaciais são parte da sociedade complexa, e permitem as mudanças do espaço por meio das concepções sociais que são caracterizadas nessas experiências socioespaciais.

O homem ao produzir suas práticas com os outros, estabelece-se por meio de determinados elementos que permitem ao mesmo tempo, a edificação de seu comportamento social de uma espacialidade que é a cidade em que vivemos, e o ensino da cidade, que possibilita pensar o processo de organização espacial vivenciada diariamente pelos estudantes, que por vezes não compreendem a origem e as diferentes transformações das técnicas, das ações e das relações que a sociedade estabelece com a natureza e com ela mesma, por sua necessidade de criar espaços para realizar múltiplas atividades.

O estudo desses fenômenos faz compreender qual a dimensão didático-pedagógica e geográfica para estabelecer uma interação de ensinar e aprender, de forma a promover aos estudantes a formação cidadã, o saber relacionar os conceitos e conteúdos estudados com os aspectos socioespaciais do cotidiano.

Para Cavalcanti e Morais (2011), os estudantes trazem consigo formas de pensar a cidade, porque andam e também vivenciam partes do urbano: os serviços, os equipamentos, a circulação, a infraestrutura em seus diferentes níveis; além de saber os diferentes lugares da cidade.

O entendimento sobre o espaço vivido na cidade possibilita a mediação das práticas socioespaciais - que estão na paisagem, no território -, para um olhar por detrás das aparências, mas percebendo e analisando a dimensão de como os lugares realmente são construídos. Desse modo, como seria pensar os elementos físicos que compõem a paisagem na cidade, como: relevo, solo, lugar, rios, os elementos técnicos, os objetos e outros fenômenos, os quais interveem e desenvolvem a leitura espacial sobre os conhecimentos geográficos para a percepção das dinâmicas das diversas cidades (Sacramento, 2014).

A cidade é compreendida como um objeto de estudo geográfico por vários autores, como Harvey (1980); Lefebvre (1999, 2001), Souza (2011), e outros; os quais analisam acerca das diferentes transformações que ocorreram ao longo do tempo, por meio de contradições socioespaciais, culturais, econômicas e técnicas das reorganizações espaciais de suas funções, formas, conteúdos e ações sociais. A cidade representa a obra da história construída por seus sujeitos, ou da ação da sociedade que vive, produz e reproduz esse espaço.

A cidade, em suas múltiplas relações sociais, econômicas, históricas e geográficas, exige uma clareza contínua da organização e estruturação das novas dinâmicas do espaço. Se a cidade é a mediação das ordens próximas e distantes, tem uma forma específica de produzir e reproduzir, pois se relaciona com a vida em grupo dos indivíduos, e também da sociedade, que é regida pelas grandes instituições que estabelecem diferentes maneiras de construir a cidade.

Assim, estudar a cidade se torna relevante para a compreensão da construção do conhecimento geográfico, pois esta é vista como uma obra de arte. Sendo assim, precisa ser estudada de acordo com seus referenciais espaciais, suas relações e suas produções, já que ela é sujeito de uma história única. Pensar a cidade e o urbano de sua localidade é destacar a importância da cidade como “um espaço social”, um produto das relações sociais e um condicionante dessas relações.

A cidade é parte da concepção humana da criação e organização de seu espaço, onde se constituem vários objetos e fenômenos para serem interpretados de diferentes formas e conteúdos. Como parte do espaço geográfico estão presentes signos, símbolos e informações culturais, sociais e econômicas, que estão localizados, distribuídos, identificados em seus lugares.

A construção da cidade se dá pela necessidade de estabelecer relações socioespaciais para a ação, movimento, circulação, caminhada, vivência pelos lugares, a fim de criar condições de produzir espaços para as diferentes atividades desenvolvidas com o objetivo de agrupar e assentar a sociedade e as diversas funções.

Segundo Souza (2011), depreender acerca da cidade é algo muito complexo, já que requer um corpo individual próprio, construído e pensado tanto pela origem dos seus elementos físicos, como sociais. Ela é um objeto com múltiplas formas e conteúdos, tendo assentamentos humanos - produto das relações sociais diversificadas em todas as áreas de atividades -; além de uma numerosa rede de informações, organização econômica, social e política, que se torna mais densa por seus diferentes usos do solo, do processo de sofisticação da urbanização, das transformações socioespaciais, da criação de novos objetos, das necessidades sociais e das diferentes características.

No ensino da geografia, discutir a cidade em sua multiplicidade é promover articulação dos conceitos e conteúdos didáticos, com os fenômenos especializados em sua própria dinâmica da cidade.

Para Lefebvre (2011), toda cidade tem uma história, das pessoas e dos grupos que a constrói de acordo com as necessidades e as condições históricas de cada período. Assim, ela é criada pelas práticas socioespaciais dos diferentes contextos, ou seja, da construção da obra chamada cidade se estabelecem ações por dimensões espaciais pela sociedade com aquela, entre elas (cidade e sociedade) e entre os lugares.

Ao criar novas redes e ao organizar novos papéis, os objetos, as pessoas e a sociedade recriam a cidade no instante em que a modernizam e a tornam mais dinâmica, pois essa obra é produzida pelos agentes que a transformam, que se apropriam da natureza, a fim de organizar socialmente o espaço, formando novos fenômenos na cidade, como o urbano. Isto é fundamental para o desenvolvimento da cidade, pois é pela morfologia que se articula como criar e produzir os lugares.

Pensar o espaço urbano, segundo Corrêa (1999), é entender a complexidade das diversas atividades comerciais, de serviços, de gestão das áreas industriais, das áreas residenciais distintas, que se encontram em diferentes tipos de espaços e se caracterizam de acordo com suas formas e conteúdos.

Assim, os problemas do espaço urbano estão na pobreza e na segregação residencial, como também na degradação ambiental, no sistema de tráfego (os fluxos), nos serviços básicos e outros. Estes afetam diretamente o meio ambiente, pois em várias cidades há a falta de rede de esgoto, obrigando as pessoas a despejarem seus dejetos em rios, encostas e mares, afetando tanto os animais como os humanos (Souza, 2011).

Trabalhar a cidade e o espaço urbano por meio de suas contradições da produção e consumo, da segregação dos espaços, assim como os elementos que a caracterizam, por meio de uma dinâmica com os estudantes se torna fundamental para a reflexão acerca da cidade.

Para Lefebvre (2001), a produção da cidade se manifesta pelas diferentes disputas entre classes sociais territorializadas, para reproduzir a vida social, transformando a paisagem como forma de obter moradia, lazer, trabalho, etc.; assim, configurando a vida urbana. Neste sentido, cada cidade tem sua forma espacial e sua importância nos cenários regional ou nacional.

Por isso, a Educação Geográfica pode estabelecer a formação cidadã por meio dos conteúdos geográficos para fazer com que este estudante compreenda sua espacialidade nessas dimensões, de forma a estimular sua capacidade cognitiva, e entender a cidade como um espaço educativo.

Assim, ensinar a cidade possibilita a compreensão do espaço, suas imagens, suas linguagens e práticas socioespaciais. É trazer uma concepção da cidade nas práticas dos estudantes para construir reflexões sobre suas próprias relações com este espaço, com os conceitos não somente da Geografia, mas também da História ou da Política.

Desta forma, articular com os estudantes a questão da sua cidadania, seu direito à cidade, moradia, lazer, educação, trabalho; de produzir, de caminhar, de vivenciar seus espaços, de manifestar sua cultura, e que todos somos agentes ativos em formação e em mudança no espaço urbano, e que temos direito de lutar como cidadãos, a fim de viver nossas práticas socioespaciais.

A aula como uma construção de uma Didática Histórico-Crítica no estudo da cidade

A aula é de fundamental importância na articulação das ações didáticas, ou seja, na forma como os professores conduzem a organização e a produção do conhecimento escolar e por sua relação com seu objeto de trabalho: a mediação do saber. Segundo Santos (1996, p.53), “ação é próprio do homem. Só o homem tem ação porque só ele tem objetivo, finalidade. As ações resultam de necessidades naturais ou criadas. Essas necessidades: materiais, imateriais, econômicas, sociais, culturais, morais, afetivas, é que conduzem os homens a agir e levam a funções”.

Este ato reflexivo é a concepção de como os professores criam estratégias para trabalhar com os conteúdos e os conceitos, para construção das práticas socioespaciais dos estudantes ao longo da organização dialógica com os conteúdos das disciplinas, por parte dos docentes.

A reflexão cria uma possibilidade de compreender as espacialidades por meio da leitura do mundo e como os estudantes – sujeitos - se convertem em leitores ativos dos diferentes lugares e escalas, para promover a cidadania (Páges, 2005, apud Martija et alí, 2013, p. 31).

Assim, a construção da mediação didática se estabelece nas concepções geográficas vinculadas com as práticas socioespaciais dos estudantes, as quais, segundo Gasparin (2002), conduzem a uma aprendizagem significativa. Por isso, para mediar o conhecimento é necessário saber transmitir alguma coisa ao outro, ou seja, construir meios que possibilitem ao docente desenvolver uma relação única com os estudantes.

Pensar uma Didática Histórico-Crítica para autores como Gasparin (2002), Saviani (2003), Libâneo (2004) e Wachowicz (1991), é possibilitar aos estudantes a apropriação do conhecimento para modificar a sua realidade vivida através de uma mediação crítica dos conceitos e dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula.

Para esses autores, desenvolver uma forma didático-pedagógica de construção do conhecimento partirá da realidade social mais ampla dos estudantes, a fim de concretizar uma leitura crítica e reflexiva sobre um dado lugar. Desta maneira, pensar uma proposta de didática histórico-crítica é promover uma dialética do ponto de vista da própria aula, que precisa mudar as concepções de ensinar dos professores e do entendimento da própria aprendizagem.

A Didática Histórico-Crítica dos conteúdos possui uma finalidade social, que para Gasparin (2002), deve ter os conteúdos integrados e aplicados do ponto de vista teórico-prático no dia a dia do estudante. Os conhecimentos didático-pedagógicos são relevantes para pensar os caminhos, os meios, as formas de como estabelecer a relação entre o saber e os estudantes. Por isso trabalhar com uma prática social de uma didática crítica por meio de um ensino que seja significativo, crítico e ativo para articular as práticas socioespaciais das cidades vividas dos estudantes.

Gasparin (2002) afirma que a didática é estruturada de acordo com estas concepções, ou seja, toda a aula é pensada a partir do viés crítico, buscando articular as vivências dos alunos (a prática inicial), até chegar aos conhecimentos científicos (a prática social dos conteúdos). Para isso, como já foi relatado anteriormente, o autor desenvolveu seu método didático organizando os caminhos necessários para a aprendizagem dos alunos.

Assim, para pensar o ensino da cidade a partir das concepções de Gasparin (2002) é preciso estabelecer algumas características didáticas de organização de uma aula por meio de uma didática histórico-crítica, a saber: a) Prática Social Inicial do Conteúdo – a relação dos conhecimentos prévios dos alunos e dos conhecimentos dos professores, relacionado sobre o que os alunos já sabem sobre o conteúdo; b) Problematização – como pensar a prática docente por um viés social na construção da aula, na discussão sobre o conteúdo e as dimensões dos conteúdos a serem trabalhadas; c) Instrumentalização – as ações didático-pedagógicas para pensar a aprendizagem e os recursos a serem utilizados; d) Catarse – o pensar do educando sobre o processo de aprendizagem no viés social e e) Prática social final – como a aula posiciona o aluno a repensar os conteúdos para sociabilizar-se com o seu cotidiano.

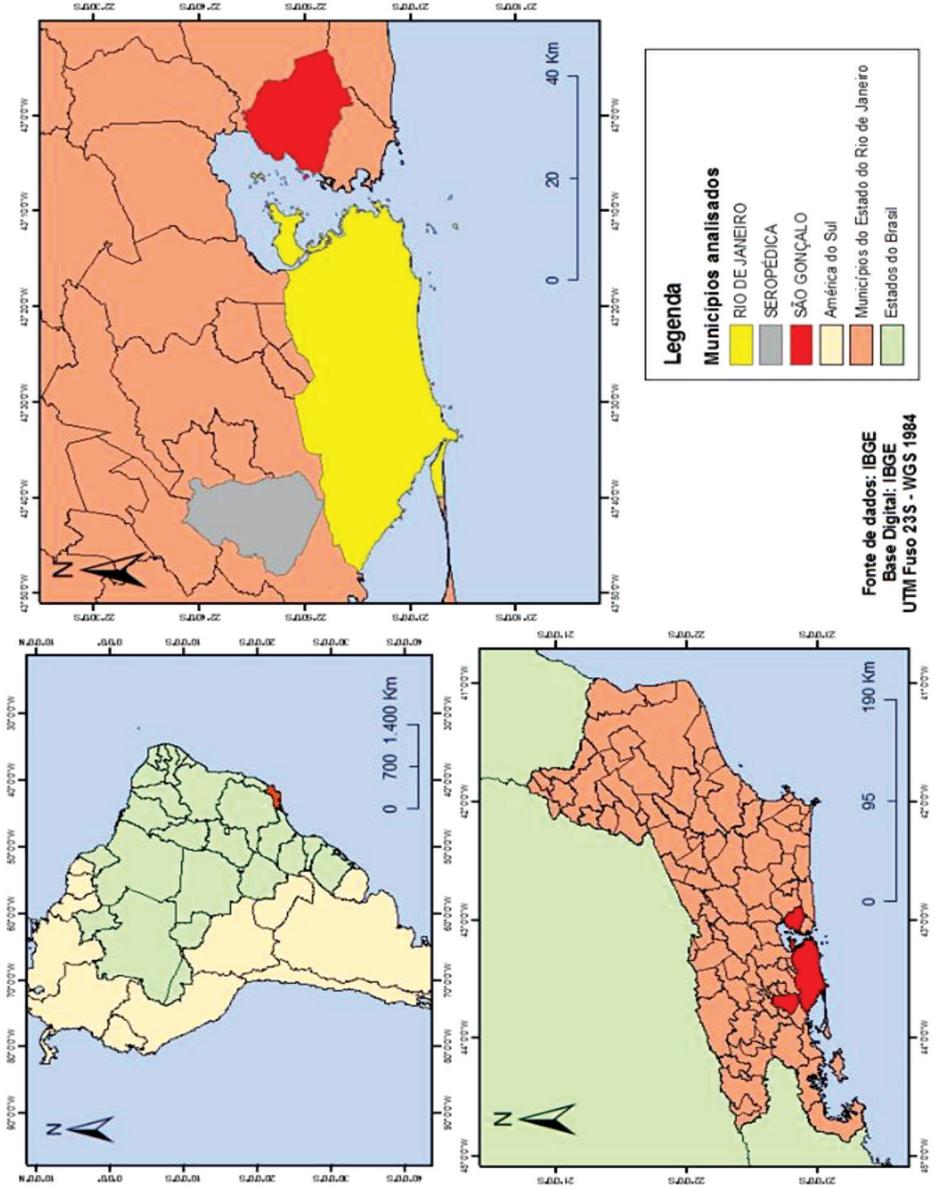
Portanto, a mediação do conhecimento possibilita a realização didática de proposta de ensino na qual os estudantes são sujeitos, desenvolvendo uma visão de forma a ver o mundo e os fenômenos geográficos sociais e físicos organizados espacialmente. Igualmente, proporciona pensar um processo de formação cidadã no qual contribui de fato para uma reflexão sobre o papel dos estudantes neste mundo contemporâneo e global, como já destacado anteriormente.

A construção das aulas de Geografia acerca da cidade e do urbano do Rio de Janeiro numa concepção histórico-crítica dos estudantes

As aulas apresentadas neste texto são referentes a seis turmas de escolas públicas no Estado do Rio de Janeiro, três localizadas no município de Seropédica e três no município de São Gonçalo. Todas foram desenvolvidas por três professoras de Geografia conforme a metodologia da etnografia escolar.

As aulas foram pensadas a partir das concepções dos estudantes sobre a cidade do Rio de Janeiro, porque é a maior referência histórica do Brasil durante os períodos colonial, imperial e grande parte da república, os quais aconteceram na cidade, tendo sido palco das grandes transformações na história do país. Além disso, é o lugar de referência tanto do ponto de vista local como mundial. Muitos estudantes moram na cidade e vivenciam suas mudanças e dinâmicas nesta.

Figura 1. Localización dos municípios das escolas e da cidade do Rio de Janeiro



Para pensar uma aula mediada a partir da didática histórico-crítica, podemos dizer que:

Para iniciar a aula, faz-se uso da etapa 1, a prática social inicial, ou seja, o que os estudantes conheciam e vivenciavam sobre suas cidades. Para a compreensão dessa prática, foram formuladas perguntas orientadoras, como por exemplo: os estudantes conheciam ou compreendiam sobre a formação socioespacial de uma cidade? Por meio da discussão inicial, soube-se que para eles a cidade é um espaço onde as pessoas vivem, trabalham e estudam dada a necessidade da organização. Destacaram também os aspectos estruturais do urbano: a infraestrutura, os fixos e os fluxos, mostrando as diferenças dos bairros e das diferentes cidades onde eles vivem. As respostas foram diversas e auxiliaram no direcionamento dos conceitos e os conteúdos para desenvolver a aula.

Depois desse primeiro momento, foi usado o site <<http://portalgeo.rio.rj.gov.br/EOURbana/>>, que é uma criação do Instituto Pereira Passos, órgão de Planejamento Urbano do Município do Rio de Janeiro, com o objetivo de trabalhar a origem de uma cidade e de suas transformações por meio das leituras dos mapas, das imagens e dos vídeos que retratam as diferentes paisagens que permitem perceber a organização espacial da cidade, conforme os objetos transformados ou não, devido aos aspectos políticos e sociais. O site é um recurso didático que possibilita discutir as diferentes mudanças ocorridas por estratificação das classes sociais, técnicas, políticas e econômicas (Abreu, 2011); ou seja, a organização da cidade e sua evolução são estruturadas por um conjunto complexo de intervenções das classes dominantes para a renovação da cidade dando origem às novas segregações espaciais como as favelas.

Na etapa 2, trabalhou-se com a problematização da temática, a qual analisa a concepção de cidade e de suas mudanças socioespaciais – o homem necessita criar os lugares para residir, trabalhar e viver -. Como e por que ocorreu a transformação das cidades e de seus bairros? e Qual o objetivo dessas transformações? foram algumas das questões levantadas para dar continuidade à aula. A aula se constitui a partir da análise das imagens do centro do Rio de Janeiro, pois a discussão foi realizada partindo-se da formação histórico-geográfica de Souza (2011), Abreu (2011), Sacramento (2012, 2014) sobre as transformações da Natureza e dos fenômenos

naturais sobre a construção de uma obra, no caso, a cidade do Rio de Janeiro, como uma obra em construção. Estudou-se o relevo e suas formas: os lagos, as colinas, a praia, a enseada, as bacias hidrográficas, seus rios e afluentes. Assim, os estudantes compreenderiam que seus lugares de vivência foram construídos de acordo com determinadas técnicas, mudança de uma paisagem natural por uma urbana, provocando-os a refletir como o espaço geográfico transforma as obras das sociedades em determinados períodos históricos. Assim, o processo de organização espacial da cidade do Rio de Janeiro provocou o desaparecimento das praias, de colinas, e de lagos, tendo novas dinâmicas de segregação socioespacial na cidade, como destaca Abreu (2011).

Em seguida, na etapa 3, houve a instrumentação, em que foi escolhida uma sequência de imagens: Largo da Carioca e Copacabana, pois seriam os lugares utilizados para a realização dos trabalhos de campo. Assim, foi solicitado aos estudantes analisar os elementos que ainda permanecem em cada imagem e os que foram mudando ao longo do tempo. Dessa maneira, os mesmos estudantes escreveram a comparação e a discussão sobre as análises das transformações e permanências das paisagens, como também perceberam as diferentes formas de viver nesta cidade. Por isso, para Abreu (2011) o papel do Estado foi determinante para a organização da cidade.

O autor caracteriza que as diferentes formas da política administrativa e econômica proporcionaram a organização espacial da cidade, pois cada agente utilizou-se das dinâmicas históricas e sociais para legitimar uma territorialidade tanto nas periferias como nas áreas centras e na zona sul da cidade, determinante para a segregação espacial. Para compreender a dinâmica urbana e o poder da centralidade e dos interesses da classe dominante, os estudantes trouxeram informações de seus bairros e de outros municípios. Desta maneira, articulamos essas transformações em diferentes cidades de vivência dos estudantes.

Na fase de catarse, etapa 4, as discussões foram realizadas em equipe. Discutiu-se sobre quais seriam os conceitos percebidos pelos estudantes ao longo das classes: a) a paisagem natural e urbana – as mudanças e as permanências: o processo histórico-geográfico, ou seja, eles necessitam compreender o contexto e os meios de cada época; b) o processo de urbanização e de ocupação; c) o uso de diferentes técnicas, pois as imagens

apresentavam casas e os edifícios com determinados estilos, que atualmente possuem tipos de materiais diferenciados; d) as diferentes mobilidades das pessoas, os cavalos, as carretas, as estradas, os carros; e) as questões de infraestrutura; f) as transformações do relevo, a bacia hidrográfica e o solo para desenvolvimento do assento humano; g) as desigualdades socio-espaciais e as áreas da sociedade; h) planejamento urbano e plano diretor; i) violência urbana e j) a localização e o significado dos objetos, os símbolos e o uso da linguagem cartográfica, dentre outros.

Esses conceitos e conteúdos possibilitam a discussão acerca de como a cidade é uma construção humana - uma obra - que possui determinadas formas e conteúdos com determinadas características nas quais os bairros que a constituem se tornam únicas. Assim, a circulação, o uso do solo e outros, manifestam-se no processo urbano, formando uma rede de significados e símbolos sobre a cidade. Permite, assim, captar os modos de vida da população na cidade, e como os próprios estudantes têm um vínculo com essas diversas realidades.

Na etapa 5, a prática social final, os estudantes analisaram e perceberam quais foram as mudanças ocorridas em seus lugares de vivências, desde os conceitos e conteúdos na catarse a partir da contextualização, das discussões desenvolvidas na sala de aula, nas práticas sociais de sua cotidianidade, de modo a compreender que a cidade e os processos urbanos são contraditórios e dialéticos.

Para finalizar essa etapa, foi realizado um trabalho de campo com os estudantes na parte central do Rio de Janeiro e nos bairros do Leme e de Copacabana, que objetivava discutir as dinâmicas da cidade. Em seguida, eles desenvolveram um roteiro de campo e um vídeo de seus bairros.

O trabalho de campo teve como objetivo geral uma discussão teórico-prática das problematizações de uma parte da cidade, seus aspectos físico-naturais, sociais e culturais para que os estudantes analisassem diferentes realidades e por meio destas, pudessem compreender seus bairros.

Com os aspectos observados no campo e nas aulas de forma grupal, os estudantes tinham que escolher seus conteúdos e conceitos para realização e trabalho de campo. Cada um tinha que explicar suas temáticas e seus significados desde o ponto de vista, tal como um cidadão espacial. A partir disso, os estudantes realizaram o trabalho de campo em seus bairros ou

municípios, a fim de escreverem quais aspectos seriam importantes para pensar o espaço urbano.

Eles trabalharam coletivamente na construção do roteiro de campo e durante a apresentação final na aula, podemos perceber diferentes perspectivas por parte dos subgrupos: uns trabalharam a parte ambiental; outros a histórica; outros a comercial e outros, a parte residencial.

Os estudantes também apresentaram os vídeos construídos por eles para mostrar aos outros e às professoras os lugares onde trabalharam. Muitas discussões e perguntas foram planejadas, mas o mais importante foi a tomada de consciência acerca da importância do estudo da cidade e do urbano do ponto de vista da formação cidadã, e da compreensão do que ocorre em sua cidade e bairro por meio de uma observação geográfica.

Considerações finais

A escola, com todas essas mudanças contemporâneas, deve ser o espaço no qual os estudantes precisam ter, compreender e dar sentido aos conceitos e conteúdos geográficos nas suas práticas cotidianas a fim de refletir acerca da cidadania. Esta precisa ser parte da formação do indivíduo, para que o mesmo se torne sujeito ativo no processo de sua aprendizagem para transpor o conhecimento para além da sala de aula, ou seja, que articule com as diferentes concepções de entendimento o mundo com todas essas características.

Uma destas é trabalhar como a cidade vem sendo um espaço vivenciado pelos estudantes, e que é percebida, concebida e vivida pelas necessidades dos agentes modeladores e transformadores, que precisam pensar e agir sobre os diversos usos de uma determinada parte desse lugar. As pessoas que vivenciam a cidade têm diferentes reações, desejos e ações ao caminharem sobre ela, por isso, precisam refletir sobre as diversas representações, bem como os signos e símbolos que se apresentam espacialmente, possibilitando diferentes formas de ler o mundo vivido e dar significado a ele.

Pensar a cidade para os cidadãos é uma possibilidade de articular aquilo que se ensina com as práticas sociais dos estudantes e trazer algumas dimensões dos fenômenos geográficos para pensar sobre os conceitos e os conteúdos, assim como os que articulam com a vida cotidiana.

O objetivo de refletir acerca do desenvolvimento das aulas a partir da Didática Histórico-Crítica faz com que seja necessária uma mudança na concepção de ensinar dos professores e na articulação com os conhecimentos como uma forma de transformação do paradigma de aprendizagem. Assim, os estudantes podem ser os sujeitos ativos da produção do conhecimento a partir da própria realidade vivida.

Portanto, torna-se relevante o planejamento didático, o pensar acerca das novas metodologias, e dos objetivos e funções da Geografia atual, por meio da educação geográfica. A formação docente precisa estar relacionada com a preparação dos conhecimentos pedagógicos e específicos, para que a aprendizagem, a didática, a metodologia e o currículo, não sejam um simples “passar” do conteúdo, mas desenvolva no profissional o prazer de realizar seu trabalho, possibilitando uma formação cidadã crítica dos estudantes.

Construir as aulas numa concepção que envolva a prática social inicial e as implicações dos problemas levantados durante a construção do conhecimento possibilitam refletir sobre a importância de uma leitura crítica dos fenômenos geográficos, de modo a transpor os conhecimentos mediados na vida cotidiana.

Dessa forma, estudar e compreender a cidade e o urbano possibilita trabalhar e discutir a forma como os conhecimentos geográficos dão significados aos lugares vivenciados; contribui igualmente para tornar os estudantes sujeitos críticos na leitura dos fenômenos, fatos e atos que acontecem ao redor na relação com o mundo, permite ainda que os estudantes consigam ler os espaços para além de uma visão simplista, mas efetivamente os fazem pensar sobre o mundo em que vivem.

Referências

- Abreu, M. de A. (2011) *A Evolução urbana do Rio de Janeiro*. 4. ed. Rio de Janeiro: IplanRIO.
- André M. (2000). *Etnografia da prática escolar*. 5. ed. Campinas, SP: Papirus.
- Castellar, S. (2011). “A cidade como método de estudo na educação geográfica”. In: Lache, N. M. & RODRIGUES, A. C. *Ciudades Leídas Ciudades Contadas: La ciudad latino-americana como escenario didáctico para la enseñanza de la geografía*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 153-170.

- Cavalcanti, L. S. (2011). *A Geografia Escolar e a Cidade: ensaios sobre o ensino de Geografia para a vida urbana cotidiana*. Campinas-SP: Papirus.
- Cavalcanti, L. S. & Morais, E. M. B. de. (2011). “A cidade, os sujeitos e suas práticas espaciais cotidianas. In: Cavalcanti, L. S. & Morais, E. M. B. de (Org.). *A cidade e seus sujeitos*. 1aed.Goiânia: Editora Vieira, 01, 13-30.
- Couto, M. A. C. (2011). Método dialético na Didática da Geografia. In: Cavalcanti, L. S.; Bueno, M. A. & Souza, V. C. de. (Org.). *Produção do conhecimento e Pesquisa no Ensino de Geografia*. 1 ed. Goiânia-GO: Ed. da PUC Goiás, 27-44.
- Correa, R. L. (1999). *O espaço urbano*. São Paulo: Editora Ática. Franco, M. A. S. & Ghedin, E. *Questões de método na construção da pesquisa em educação*. São Paulo: Cortez, 2008. (Coleção Docência em formação. Séries saberes pedagógicos).
- Gasparin, J. L. (2002). *Uma didática para a pedagogia histórico-crítica*. São Paulo: Autores Associados.
- Harvey, D. (1980). *A justiça social e a cidade*. São Paulo: Editora Hucitec.
- Lefebvre, H. (2001). *O Direito à Cidade*. São Paulo: Centauro.
- Lefebvre, H. (1999). *A Revolução Urbana*. Belo Horizonte: Ed. UFMG.
- Libâneo, J. C. (2004). A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a Teoria Histórico-cultural da Atividade e a contribuição de Vasilí Davydov. *Revista Brasileira de Educação*. 27 (27), 5-24.
- Martija, A. A., Lagomarsino, C. B., Sterquel, R. F. y Silva, V. S. (2012). “Formación ciudadana desde la perspectiva de la Educación Geográfica”. In: Palacios, F. A. *Formación Ciudadana desde la Educación Geográfica*. Serena: Editorial Universidad de la Serena, 19-74.
- Moreno, E. A. R, (2011) ¿Por qué una didáctica de la ciudad Latinoamericana? In: Moreno, N. L. et al. (org). *Ciudades Leídas, Ciudades Contades*. Bogotá: Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 7-21.
- Rodríguez, A. C.; Barrera, C. A. Z. (2011) Percibir y aprender el espacio de la ciudad en la ciudad. IN: Moreno, N. L. et al. (org). *Ciudades Leídas, Ciudades Contades*. Bogotá: Editorial UD (Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas), 112-152.

- Sacramento, A. C. R. (2012). Diferentes Linguagens na Educação Geográfica da Cidade do Rio de Janeiro. *Revista Continentes (UFRRJ)*, 1 (1), 97-118.
- Sacramento, A. C. R. (2014). A mediação didática do estudo da cidade e o trabalho de campo: diferentes formas de ensinar geografia. In: Castellar, S. (Org.). *Geografia Escolar: contextualizando a sala de aula*. 1ed. Curitiba: CRV, 103-118.
- Santos, M. (1996). *A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Editora Hucitec.
- Saviani, D. (2003). *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. Campinas: Autores Associados.
- Souza, M. L. de. (2011). *ABC do Desenvolvimento Urbano*. (6) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Wachowicz, L. A. (1991). *O método dialético na didática*. 2ªed. Campinas: Papirus.

GEOPOLÍTICA E FRONTEIRA OESTE: DIÁLOGOS COM MEIRA MATTOS E COUTO E SILVA

GEOPOLITICS AND WEST BORDER: DIALOGUES WITH MEIRA MATTOS AND COUTO E SILVA

*Jussaramar da-Silva*¹

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

*Nataniél Dal-Moro*²

Universidade Católica Dom Bosco, Brasil

RESUMO

Carlos de Meira Mattos e Golbery do Couto e Silva são figuras de expressão no Brasil quando o assunto é geopolítica. Este artigo objetiva analisar como estes pensadores e formuladores de projetos, sobretudo à época da Ditadura Civil-Militar brasileira (1964-1985), difundiram suas teorias e quais práticas utilizaram para materializar os seus projetos. Os escritos desses autores, em especial os publicados na forma de livros, serão cotejados. O intuito específico é o de esboçar o pensamento destes formuladores de políticas nacionais a respeito da fronteira oeste do Brasil, bem como quais projetos julgavam imprescindíveis à defesa do território nacional e da Nação brasileira e quais tipos de ações as suas análises efetivaram. Enfim, recuperar aspectos que sinalizam como ficou o oeste brasileiro após a interferência desses estrategistas militares na região.

-
- 1 Doutoranda em História Social pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – Brasil. Integrante do grupo de pesquisa do Centro de Estudos de História da América Latina (CEHAL) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Bolsista CAPES. E-mail: jussaramar@gmail.com
 - 2 Pós-Doutor em História do Brasil pela Universidade Nova de Lisboa – Portugal. Pesquisador vinculado ao Núcleo de Estudos de História Social da Cidade (NEHSC) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – Brasil e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local da Universidade Católica Dom Bosco – Brasil. E-mail: natanieldaloro@bol.com.br

Fecha de recepción: 03 de abril de 2016
Fecha de aceptación: 23 de agosto de 2016

Palavras-chaves: Brasil, oeste brasileiro, fronteiras, militares, geopolítica

ABSTRACT

Carlos de Meira Mattos and Golbery do Couto e Silva are expressive figures in Brazil when it comes to geopolitics. This article aims at analyzing how these thinkers and policy-makers, especially at the time of the Brazilian Civil-Military Dictatorship (1964-1985), spread their theories and which practices they used to materialize their projects. The writings of these authors, especially those published in books, will be crosschecked. The specific aim is to understand how these Brazilian policy-makers did not conceive the West border of Brazil, which projects they understood as essential to the defense of the national territory and the Brazilian nation and what kinds of actions their analysis accomplished. Finally, to retrieve aspects signaling the situation of Western Brazil after the interference of these military strategists in the region.

Keywords: Brazil, Western Brazil, borders, military, geopolitics

Introdução

Este trabalho procura recuperar uma parcela do pensamento geopolítico que, de algum modo e com muitas especificidades, vigorou na América do Sul e no Brasil em meados do século XX. Daremos destaque às formulações que almejavam adensar a ocupação populacional na Amazônia brasileira, projetando que a sua economia, na verdade um modelo específico de economia, a capitalista, se tornasse mais representativa no âmbito nacional. Não obstante, tal linha de pensamento procurava guarnecer as fronteiras, recorridas vezes descritas como “espaços vazios”, sinônimos de locais parcamemente ou até inabitados e, também, propensos à invasão.

Em análise retrospectiva, pode-se afirmar que a problemática que se ocupou dos “limites nacionais” data da própria ocupação do território brasileiro pelos povos europeus, em particular os espanhóis e, mais ainda, os portugueses. No final do século XIX, já no período correspondente ao Império, a Guerra da Tríplice Aliança (1864-70), também chamada Guerra contra o Paraguai – para nos atermos tão somente em um exemplo –, dentre outros aspectos, sinalizava a questão da demarcação, ocupação e defesa do Oeste, pois o Estado nacional brasileiro via com preocupação a existência de algumas bordas do território, já que as concebia como fronteiras que ficavam “nos confins do Império” e, mais do que isto, estariam desguarnecidas em caso de ataques.

De forma constante nas décadas seguintes, a problemática continuou sendo discutida no Brasil, como tão bem sinalizam inúmeros registros. Instituída no primeiro governo de Getúlio Vargas (anos 1930), a política

da campanha chamada *Marcha para o Oeste* compunha-se de elementos seculares, tentando comprovar e reafirmar a necessidade de ocupação das plagas interioranas, no sentido de garantir efetivamente ao território brasileiro a tão necessária unidade. No entendimento de Alcir Lenharo (1989, p. 69): “Manter o Brasil no original significa portanto caminhar para o sertão e cerrar as portas do litoral à infecção ideológica e sua ação dissolvente.”

Este artigo discute o pensamento de dois militares que se detiveram em analisar a referida problemática, propondo diretrizes, planos e projetos para a solidificação do espaço territorial como garantidor da soberania nacional: Golbery do Couto e Silva (1911-1987) e Carlos de Meira Mattos (1913-2007) são as personagens centrais. E mais, a presente reflexão procura articular estas formulações com a premência em transformar o Brasil em uma “potência continental/mundial”, seguramente um cartaz dos mais visíveis nos anos 1970, período de acentuado recrudescimento dos regimes ditatoriais nos países do Cone Sul. Dessa maneira, seus pensamentos irão influenciar profundamente uma parte dos integrantes de sua geração, bem como das seguintes.³

Geopolíticos e análises geopolíticas

Golbery do Couto e Silva e Carlos de Meira Mattos atuaram militarmente no campo das letras, elaborando e escrevendo projetos, planos, análises, artigos e livros, e também no mundo da política: interferiram decisivamente no rumo do Brasil pós-1964. Embora já fossem militares de algum relevo antes do golpe militar de 1964, ou, na versão dos partidários e dos apologistas do regime militar, a Revolução de 64⁴ – como ficou conhecida a chegada ao poder do executivo federal pelos militares no País –, foi a partir desse ano que o grupo militar conseguiu divulgar e aplicar com mais força as suas ideias (Freitas, 1999).⁵

Golbery pode ser considerado como um dos grandes precursores do pensamento militar moderno no Brasil, sendo que suas análises ganharam notoriedade e força principalmente no pós-golpe. Entretanto, mesmo antes

3 Por razões práticas e teóricas, não focalizaremos neste artigo as discussões elaboradas por outros autores.

4 Logo após o golpe, os militares brasileiros intitularam seu movimento de “Revolução”, em uma tentativa de promover uma exaltação ao movimento que fizeram, sem assumirem publicamente que se tratou efetivamente de um Golpe de Estado.

5 A obra de Jorge Manuel Costa Freitas (1999) apresenta, dentre outras análises, inúmeros dados biográficos sobre Couto e Silva e Meira Mattos.

de 1964, Golbery publicou *Conjuntura política nacional: o poder executivo & geopolítica do Brasil* (Couto e Silva, 1981)⁶, obra que tomaremos como uma referência fundamental, objetivando assim compreender uma parcela das situações advindas com o golpe de 1964, em certo sentido norteadoras da política do Estado brasileiro para se firmar no Cone Sul.

Para compreendermos sua trajetória e sua importância nesse processo de *Marcha para o Oeste/interiorização rumo ao Oeste*, devemos ter ciência sobre o fato de que Golbery elaborou projetos e esteve no Paraguai por três anos – de março de 1947 até outubro de 1950. Seu pensamento prenunciou e balizou a atuação dos militares, possibilitando meios para que esses chegassem ao poder e, depois, implantassem determinadas políticas. Aliás, o período em que esteve no Paraguai como membro da Missão Militar Brasileira de Instrução no Exército do Paraguai é também o tempo que antecedeu, em poucos anos, o golpe de estado desferido em 1954 por Alfredo Stroessner (1912-2006), lembrando que esse país é limítrofe ao Brasil.

A importância do Golbery do Couto e Silva militar remonta aos estudos realizados sob os auspícios da ESG-Escola Superior de Guerra. Criada em agosto de 1949, a entidade voltava-se “exclusivamente para estudos doutrinários e estratégicos.” (Miyamoto, 1985, p. 12). De acordo com Antônio de Arruda (1980), seu objetivo era formar uma elite de pensadores, recrutados entre militares e civis, para que esses atuassem na defesa dos “interesses nacionais”. Inclusive, *Geopolítica do Brasil*, outra obra de Couto e Silva (1967), é constituída de um conjunto de textos apresentados como estudos para essa Escola. Em suas “palavras iniciais”, dirigidas aos esguianos, Golbery afirma que

[...] aqui senti, então, a trepidação contagiante da criatividade que inspirava essa Escola, na elaboração de uma Doutrina de Segurança Nacional novinha em folha, autóctone de fato, por mais que em nada alheia ao que se formulava, justo naquele mesmo momento, nos laboratórios estratégicos mais adiantados do mundo (Couto e Silva, 1981, p. 3).

6 Embora a edição usada como referência tenha sido publicada em 1981, nela constam os anos em que o autor escreveu as várias partes do manuscrito original. Em sua primeira parte, os textos se referem ao governo do general do Exército João Figueiredo (1979-85). Já na segunda, foram colocados os textos redigidos ainda da década de 1950, quando o autor pensou a ocupação do território brasileiro e a atuação do Estado.

Aludindo a essa empreitada, anteriormente o autor afirma ter vivido época muito gratificante em sua vida entre 1952 e 1955, quando pensava e elaborava essa doutrina (Couto e Silva, 1981, p. 3).

Embora nessa obra o autor estivesse se referindo, na parte introdutória, à conjuntura política nacional do período que se passava no governo de João Batista Figueiredo, a parte posterior do material refere-se ao período da primeira metade dos anos de 1950. São conjuntos de estudos desenvolvidos na ESG, pensando a DSN-Doutrina de Segurança Nacional ensejada pelo aporte que o autor tinha em geopolítica, como arte de uma possível guerra que poderia se anunciar. E na DSN, a guerra poderia ser contra o inimigo interno (em particular o povo), ou os inimigos externos (outras nações). Ao mesmo tempo, pensava em elevar o Brasil a uma condição que sobrepujasse as demais, e o ideário da *Marcha para o Oeste* era um dos pilares para a efetivação deste projeto.

Seguindo a tendência geral, sua *Geopolítica do Brasil* desenvolve estratégias para que o Brasil aumentasse sua centralização e/ou promovesse algum tipo de desenvolvimento. Essa prática resultaria na ocupação rápida de espaços territoriais, por vezes descritos como “vazios”, particularmente nas regiões centrais e, também, em relação às fronteiras do Cone Sul. Buscava-se aprofundar a inter-relação entre as nações, de forma que os “interesses do Brasil” fossem assegurados, sobretudo se ocorressem conflitos, particularmente bélicos. Ao mesmo tempo, Golbery se apoiava nos setores da burguesia industrial, a qual ele considerou fundamental para o desenvolvimento e a integração nacionais:

Mas, no que mais importa, esse desenvolvimento pela industrialização faz pre-nunciar, afinal, uma libertação mais efetiva em relação aos grandes centros externos, motores do dinamismo econômico mundial, e implicará, em benefício da unidade e da coesão nacionais, na articulação cada vez mais sólida das diversas porções do amplo domínio, mesmo as mais distantes ou mais excêntricas, a núcleos propulsores radicados no próprio território e, sobretudo, orientados nos genuínos propósitos nacionais (Couto e Silva, 1981, p. 3).

Para esse autor, a burguesia industriária seria o segmento capaz de promover o desenvolvimento, a integração, e mesmo a defesa e a segurança do Brasil. Maria Aparecida de Paula Rago (2008) afirma: José Ermírio

de Moraes (1900-1973), um dos grandes empresários brasileiros daquele período, e porta-voz de segmentos da burguesia nacional, logo em 1965, denunciava o quanto o Estado nacional brasileiro já se colocava afastado da possibilidade de crescimento desse segmento. Embora haja um jargão nacionalista como pano de fundo, a pauta para Golbery vai se colocar aliando essa burguesia industriária nacional.

Em vários momentos, o autor ponderou que a segurança se colocava como um “paradigma” para as sociedades contemporâneas. O sacrifício da liberdade seria o preço a ser pago, conforme vemos neste fragmento:

[...] a insegurança do cidadão dentro de cada nação e a insegurança de uns Estados em face dos outros, a visão onipresente da guerra – guerra civil ou guerra subversiva ou guerra internacional – dominam o mundo de nossos dias e explicam, por si sós, essa ânsia neurótica com que os indivíduos – desamparados, as multidões – em pânico, os povos – desiludidos e aflitos, a Humanidade, enfim, se ergue e se lamenta e se debate, disposta até a escravizar-se a quaisquer senhores e a quaisquer tiranias, desde que lhe ofereçam um prato de lentilhas, um pouco de segurança e de paz. E, assim, acaba ou acabará afinal por perder, com a Liberdade traída, a própria Segurança por que tanto almejava (Couto e Silva, 1981, p. 9).

Conforme exposto anteriormente, apreendem-se alguns dilemas postos pelo autor. Por um lado, o que ele demonstra é que, em nome da segurança, lança-se mão da liberdade. Na perspectiva de Golbery, a liberdade só existia nos países ditos democráticos, ocidentais e cristãos.

Florestan Fernandes (2006) percebeu esses dilemas colocados no Brasil ao longo da formação da burguesia nacional. Segundo ele, esse debate é retomado permanentemente, em especial nos momentos de crise do modelo de desenvolvimento, situação que, às vezes, teria desembocado em ditaduras.

Afora esse aspecto, o que salta aos olhos é a expectativa da segurança como tônica do momento. Pode-se afirmar que o trabalho de Golbery visava convencer parcelas da população letrada e, principalmente, a militar, com as quais suas obras dialogavam, dando o entendimento de que um golpe seria necessário para garantir a segurança e, não menos, um determinado modelo de sociedade.

Esse fragmento, que por sua vez refere-se ao texto-citação disposto alguns parágrafos antes neste artigo (Conforme informações contidas na obra de Couto e Silva, 1981, p. 9), e do qual lançamos mão é uma espécie de preâmbulo da obra, que vai enunciar a necessidade do controle estatal sobre a sociedade como um todo. Em vários momentos, Golbery recorreu ao *Leviatã*, texto produzido pelo filósofo Thomas Hobbes, no qual o referido autor explica e detalha a necessidade da *mão dura* do Estado nacional para gerir a “catástrofe” que era ou que poderia advir do mundo moderno.

Para Golbery, o Brasil deveria ocupar uma posição de destaque, figurando como potência continental. Acreditava ainda em uma possível aliança com os Estados Unidos da América. Assim, é impossível separar as relações que o Brasil desenvolveu na região sem levarmos em consideração as relações diplomáticas e econômicas desempenhadas pelos Estados Unidos dentro do continente.

Para ele, ao lado dessas prerrogativas deveria se acrescentar a defesa da liberdade alicerçada “em sólidas bases [n]a Segurança Nacional.” (Couto e Silva, 1981, p. 15).⁷ A ideia da Segurança Nacional já aparecia durante a Era Vargas (1930-1945), também chamada de Período Vargasista. Na Lei nº 38, promulgada em 04 de abril de 1935, já versava sobre os ditos crimes contra a ordem política e social. Mas não era apenas isso. De acordo com Luciana Grespan Zago (2007, p. 29),

[...] a Doutrina de Segurança Nacional foi posta em prática a partir do momento que se implantou a Ditadura Militar em 1964. Mas dentro da história brasileira as questões relativas à segurança nacional começaram a ser tratadas anteriormente a esse período. Durante o governo de Getúlio Vargas é que se iniciou a implantação das primeiras leis relativas a esse assunto, que não ficaram restritas a manutenção da ordem social. Havia preocupações com outros setores da sociedade, como a nacionalização do território brasileiro compreendido na fronteira.

7 Pode-se afirmar que nesse período os preceitos da segurança nacional se consolidaram na Doutrina de Segurança Nacional, passando a definir não apenas o inimigo externo (Rússia, China e Cuba), mas também o interno, o qual, ao longo da Ditadura Civil-Militar brasileira, tornou-se o alvo principal da atenção, vigilância, perseguições e repressão. Em outras palavras, o inimigo era o próprio povo, e não potenciais ataques estrangeiros. A respeito dessa situação que se conformou no Brasil, consultar a obra de Maria Helena Moreira Alves (2005).

Essa perspectiva se aprofundou no período ditatorial iniciado em 1964, justificando e legitimando em certos aspectos o surgimento das áreas delimitadas como de *segurança nacional*. Além das reservas consideradas estratégicas, capitais, as fronteiras do oeste brasileiro também receberam atenção especial do Estado nacional, em sua grande parte por serem as portas de entrada ou de saída da nação, áreas quase sempre concebidas como vulneráveis, visto que eram ou que poderiam ser pontos de trânsito de indivíduos ou de grupos de inimigos externos e, também, dos internos (Silva, 2013).

Segundo palavras de Couto e Silva (1967), era preciso “tamponar o deserto” “dessa imensa área vazia”, pois nesta região – fronteira ocidental do Brasil – “restam nada mais que ilhas esparsas de população – o Mato Grosso de Goiás, Cuiabá, Manaus, as mais importantes – se destacando em meio ao vasto deserto – o enorme *espaço vazio* da classificação de Supan (menos de 1 h/km²).” (Couto e Silva, 1967, p. 44 e 43).⁸

Ao fazer a defesa da aliança com os estadunidenses, Golbery não a fez sem um conhecimento prévio do que eram os EUA-Estados Unidos da América. Assim, sua estada naquele País relacionava-se também com sua presença na Itália, como Oficial de Informações, da FEB-Força Expedicionária Brasileira, em 1944. De acordo com Oliveira *apud* Vânia Noeli Ferreira de Assunção (1999, p. 40):

Muitos oficiais da FEB regressaram ao Brasil convictos da necessidade de acelerar o desenvolvimento econômico. Do ponto de vista militar, significaria promover o desenvolvimento da economia – abrindo-a inteiramente ao capital estrangeiro, se necessário – como condição para o desenvolvimento do próprio aparelho militar com vistas ao papel que o Brasil deveria desempenhar na defesa hemisférica.

Mesmo relevando o ufanismo de Golbery, ou seja, sua pretensão de que o Brasil era melhor do que boa parte do mundo, de que era capaz de elevar-se à categoria de potência mundial, parece não haver dúvida de que a ocupação do Brasil como nação continental na América do Sul, afora a sua relação de subserviência com a política dos EUA, provocou o desfecho de outras relações de dependência, sobretudo de ordens econômicas

8 Em texto clássico na historiografia brasileira, Alcir Lenharo (1985) mostra que não existiam propriamente terras “sem donos”, “espaços vazios” e “vazios territoriais e populacionais” no oeste do Brasil, pois as populações sertanejas e, mais ainda, os indígenas nunca se fizeram ausentes deste território.

e políticas, as quais também produziram implicações de cunhos sociais e humanos de grandes magnitudes ao povo brasileiro.

Em seu livro, encontramos mapas que esboçam o Brasil por meio de uma perspectiva central. E neles, vemos a preocupação do autor em definir melhor a relação com os Estados Unidos, uma vez que os soviéticos, ou até mesmo os chineses, poderiam tentar invadir o Brasil, processo que o tornaria palco de disputas com os Estados Unidos.

Mapa 1. Centros de poder sul-americanos.



Fonte: Couto e Silva (1981, p. 54).

Conforme demonstra o mapa acima – imagem que foi publicada em obra de Couto e Silva (1981, p. 54), o Brasil ocupa uma posição central na América do Sul. Ao explicar a importância geopolítica da região Amazônica, Golbery tinha em mente os conflitos ocorridos na região do Chaco, durante os anos de 1930, situação que teria provocado uma Guerra de disputas da região entre Paraguai e Bolívia, lembrando que esta última foi financiada pela Standard Oil.

Com bases nas análises do militar Golbery, vemos que a região Amazônica também estaria conectada ao Chaco, que por sua vez estava próxima da região Centro-Oeste do Brasil/Planalto Central brasileiro, vizinha ao local do conflito durante os anos de 1930. Temia-se que os reveses diplomáticos e bélicos promovidos pelas nações vizinhas prejudicassem de alguma forma o Brasil e, mais ainda, essa região brasileira. Nas palavras de Couto e Silva (1981, p. 55),

[...] a eclosão súbita de um conflito ou o desencadeamento de um ataque, pelo menos sem que sejamos alertados com grande antecedência por uma sensibilização paulatina das fronteiras, um aumento progressivo da pressão exterior e uma sucessão de incidentes que prenunciem a borrasca – algo assim como o que se passou no Chaco, onde choques intermináveis pela posse dos chamados fortins precederam largamente a deflagração real da luta.

Por esse motivo, o autor defendeu o alinhamento, conforme vemos:

[...] em tais circunstâncias, quando entre nossos vizinhos hispano-americanos recrudescer indisfarçável uma oposição aos Estados Unidos da América que se mascara de Terceira Posição ou que outro rótulo tenha, aproveitando-se exatamente daquela enfocação para além Atlântico e além Pacífico dos interesses primaciais dos norte-americanos, o Brasil parece estar em condições superiores, pela sua economia não competitiva, pela sua larga e comprovada tradição de amizade e, sobretudo pelos trunfos de que dispõe para uma barganha leal – o manganês, as areias monazíticas, a posição estratégica do Nordeste e da embocadura amazônica com seu tampão da Marajó – de negociar uma aliança bilateral mais expressiva que não só nos assegure os recursos necessários para concorrermos substancialmente na segurança do Atlântico Sul e defendermos, se for o caso, aquelas áreas brasileiras tão expostas a ameaças extracontinentais, contra um ataque envolvente ao território via Dacar-Brasil-Antilhas, mas uma aliança que, por outro lado, traduza

o reconhecimento da real estatura do Brasil nessa parte do Oceano Atlântico, posto um termo final a qualquer política bifronte e acomodatória em relação a nosso país e à Argentina, ambas nações, por exemplo, igualmente aquinhoadas, contra todas as razões e todas as evidências, em armas de guerra naval (Grifos do original) (Couto e Silva, 1981, p. 50-51).

Este fragmento evidencia vários nexos constitutivos entre os Estados Unidos, Brasil, Paraguai e Argentina. Fica novamente externada a ideia do Brasil como nação hegemônica no Cone Sul; desnuda uma possível posição independente no governo de Isabelita Perón ao falar da “Terceira Posição”, que não era nem a favor dos EUA e tampouco da URSS-União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, mas que poderia negociar com ambas; evidencia uma possível acomodação do Paraguai, propondo-lhe que assumisse uma postura que pendesse definitivamente para o Brasil e, por fim, seu reflexo durante a Segunda Guerra Fria (a partir dos anos 1970)⁹ foi os Estados Unidos passarem a colaborar mais diretamente com a política e a economia do Estado nacional brasileiro. Ao entendermos detalhadamente a preocupação geográfica, conseguimos compreender como esta política se desenvolveu.

A ideia de uma organização comunista internacional que agiria no Brasil, ou por invasão ou principalmente por infiltração, já se punha desde os anos de 1950. No cenário mundial, “o Ocidente capitalista sentia estar perdendo terreno para as economias comunistas, que haviam crescido mais rapidamente na década de 1950.” (Hobsbawm, 1995, p. 240). Após esse período, essa preocupação foi se agravando. Ao escrever *Geopolítica do Brasil*, Golbery já demonstrava o que estava por vir nos anos da Ditadura, ou, no mínimo, sinaliza as discussões de uma parte dos militares que depois assumiram o poder. Segundo Paulo Fagundes Vizentini (2003, p. 32), com a

[...] radicalização político-social interna que marcou a crise do populismo, combinada com a busca da autonomia brasileira em relação aos Estados Unidos, justamente no momento que esse país procurava conter o desgaste da sua hegemonia mundial, criou uma situação insustentável para o regime brasileiro e sua diplomacia. Foi o momento do contra-ataque do projeto da ESG [Escola Superior de Guerra]. O alinhamento automático com

9 A Guerra Fria (1945-1991) também ficou conhecida como Paz Fria. A segunda fase da Guerra Fria teria surgido no início da década de 1970 e perdurado até os anos 1980. Segundo Hobsbawm (1995, p. 226 e 241), trata-se de um período de “grande mudança na economia mundial”.

Washington, efetuado pela Doutrina de Segurança Nacional após 1964, combinou-se com a contenção do movimento popular e das tendências ‘esquerdistas’ da estratégia anterior.

Nesse contexto, as relações com os Estados Unidos, o *grande irmão* que coadunava com os ideais ocidentais e cristãos, como bem nos informa Stansfield Turner (2008), se cristalizavam com a neurose da Guerra Fria iniciada ainda nos anos 40. No mesmo período os EUA haviam conformado a sua Lei de Segurança Nacional – 1947. Nas palavras de Eric Hobsbawm (1995, p. 224): “Gerações inteiras se criaram à sombra de batalhas nucleares globais que, acreditava-se firmemente, podiam estourar a qualquer momento, e devastar a humanidade. [...] Não aconteceu, mas por cerca de quarenta anos pareceu uma possibilidade diária.”

Concomitantemente a isso, no âmbito internacional as agências de Segurança americanas – a exemplo da própria CIA-Agência Central de Inteligência e também do FBI-Agência Federal de Investigação, visto que iniciaram e/ou tiveram remodeladas as suas atividades nos anos 1940, sobremaneira no governo de Roosevelt (1933-45), se voltaram para estabelecer parcerias no mundo todo, deslocando contingentes e recursos, bem como firmando convênios de cooperação internacional, prática que lhes valeria a hegemonia em grande parte do mundo, conforme podemos constatar nas obras de Antonio Pedro Tota (2000) e Stansfield Turner (2008).

Programas policiais foram elaborados e efetivados no Brasil. O governo dos EUA forneceu treinamento e todo um arsenal foi colocado à disposição do governo brasileiro. Golbery do Couto e Silva (1967, p. 254), mesmo pensando o Brasil em seus projetos geopolíticos como uma potência mundial, não desconsidera a importância das nações capitalistas e desenvolvidas do mundo ocidental. Segundo suas palavras:

[...] o Brasil essencialmente depende – e quanto! – do restante do Ocidente e, em particular dos E.U.A., para o seu comércio, o seu desenvolvimento econômico, o seu progresso técnico e cultural, até para a sua própria segurança é fato que para nós, brasileiros de hoje, não exige discussão maior.

A forma estabelecida para esse modelo pode ser vista neste pequeno fragmento:

Como instituição, a ESG encorajou dentro das forças armadas normas de desenvolvimento associado a valores empresariais, ou seja, um crescimento cujo curso industrial foi traçado por multinacionais e um Estado guiado por razões técnicas e não políticas (Dreifuss apud Assunção, 1999, p. 55).

O Brasil careceria também da tão propalada “interiorização econômica”, algo que os militares se propunham a fazer, tendo em vista que os governos anteriores, no entendimento de boa parcela dos militares, não tinham feito: planos e ações a contento da grandeza territorial do País. A interiorização do progresso e do desenvolvimento teria de se dar em dois sentidos: interiorização para o Oeste e interiorização para o grande interior. Para tanto, deveriam ser criados “novos pólos de germinação e do desdobramento dos núcleos dinâmicos já existentes.” (Couto e Silva, 1969, p. 3). A Zona Franca de Manaus, edificada no final da década de 1960, seria um exemplo.

Segundo externou Couto e Silva (1969, p. 4), só haveria interiorização na prática se o Brasil resolvesse os problemas de transporte, de telecomunicações e de rede de crédito. Caberia ainda sanar a parca densidade populacional e reverter o baixo nível de qualificação dos trabalhadores.

Quanto ao general Carlos de Meira Mattos, suas ideias são tributárias das obras de autores estrangeiros, como Friedrich Ratzel e Rudolf Kjellén, e dos brasileiros Alberto Torres, Delgado de Carvalho, Mário Travassos, Everardo Backheuser e Lysias Rodrigues. Fazem parte, assim como as análises e os textos de Couto e Silva, do terceiro e quarto períodos dos escritos de geopolítica brasileira, tendo sido formulados sobremaneira no final da década de 1940. Seus pensamentos também adentraram a Escola Superior de Guerra, a qual objetivaria a formação de uma “elite nacional” no campo da segurança e do desenvolvimento nacionais (Miyamoto, 1984, p. 11; Miyamoto, 1995, p. 44).

Carlos de Meira Mattos (2002, p. 17) entendia a Geopolítica como “o produto da evolução da observação gradual da ação do homem na exploração do meio natural.” Os seus primeiros escritos foram publicados nos anos 1950. Essa produção esquadriharia a Política, a Geografia e a História (e estas seriam formadoras da Geopolítica), fornecendo futuros elementos de análise para a manutenção dos espaços existentes e a conquista de outros.

A “Geopolítica pertence ao grupo das ciências sociais e nós a posicionaríamos como um ramo da política – aquele que trata da aplicação da política aos espaços geográficos.” (Meira Mattos, 1990, p. 18.). Nos textos de Meira Mattos, tais como: *Brasil, geopolítica e destino*, *A geopolítica e as projeções do poder*, *Uma geopolítica pan-amazônica*, *Geopolítica e teoria das fronteiras* e *Geopolítica e modernidade: a geopolítica brasileira*, há sempre uma preocupação em projetar o Brasil no cenário mundial. Fazia-se necessária também a transformação do País em uma nação de importância global, portanto não mais restrita ao âmbito regional.¹⁰ Nas palavras de Meira Mattos (2002, p. 75):

Em 1959, publicamos o nosso primeiro trabalho sobre geopolítica, um fascículo de 72 páginas que denominamos *Projeção Mundial do Brasil*, numa sugestão de que o Brasil já podia almejar uma escalada de poder, trinta anos depois do *Projeção Continental* de Travassos. Na apresentação deste livro escrevemos: “O capitão de 1931 sonhou com um Brasil potência continental. Nós lhe pedimos licença para sonhar agora com um Brasil potência mundial.”

A “busca do progresso” dava-se quando o “homem” dominava a “natureza física”, mais especificamente o solo, a terra (Meira Mattos, 1990, p. 11). Embora não desconsidere a necessidade de o Brasil estar militarmente presente nas áreas marítimas e nas aéreas, o general Meira Mattos deixa sobressaltar nos seus escritos a importância da efetiva ocupação da área terrestre sobre as demais.

Segundo Meira Mattos (1977, p. 110-111), os governos militares deveriam, a todo custo, realizar a tão necessária “*continentalização da hinterlândia sul-americana*”. Esse plano daria um “sopro de despertar” na “América do Sul continental”. Para tanto, determinadas tecnologias e estratégias, como as formuladas na ESG, eram indispensáveis no sentido de ocupar populacional e economicamente duas áreas em especial: a Bacia Amazônica (Região Norte do Brasil) e o Centro do Continente (Região Centro-Oeste).

Ao entender a constituição do território brasileiro como sendo fruto de quatro fases, a saber: fase de expansão; fase de regularização; fase de

¹⁰ Boa parte destas obras se tornou acessível para o grande público via publicações da Biblioteca do Exército (BIBLIEX).

demarcação e fase de vivificação ou povoamento, Meira Mattos propunha como projeto geopolítico vital para o Brasil nas décadas de 1960-70 o desenvolvimento e a ocupação da fronteira ocidental do País, em particular das terras amazônicas. As premissas básicas eram: Segurança & Desenvolvimento (Meira Mattos, 1990, p. 65). Ademais, a efetivação do plano de *continentalização* da América do Sul abrangeria, assim afirma Meira Mattos (1990, p. 110), “enormes regiões interiores de nove países frateros e vizinhos, mas que nunca souberam dar-se as mãos pelas portas das conexões terrestres de seus territórios, que mal conheciam, escravos que eram da via marítima para se comunicarem.”¹¹

Poderíamos compreender parte das reflexões de Meira Mattos (1977, p. 82) como um discurso técnico, oficial e político chancelado por instituições governamentais. O período imediatamente anterior a 1964 foi descrito como “três anos de insânia que em 1961, 1962, 1963 e começo de 1964 envolveram a nação.” Seriam “anos críticos”. Referindo-se provavelmente aos governos dos presidentes Jânio Quadros (janeiro/1961-agosto/1961) e, particularmente, João Goulart (setembro/1961-abril/1964), porém sem mencioná-los de forma literal em sua obra, diz-nos que os militares teriam recebido um Brasil “que mais parecia “uma massa falida”, arrasada por três anos de demagogia e de irresponsabilidade administrativa [...]”

Ainda que composto por várias linhas de pensamento, o projeto iniciado com a Revolução de 64 visava, em linhas gerais, enaltecer a chegada e os feitos executados pelos militares entre os anos 1960-70, bem como propagandear projetos futuros de um Brasil que se queria potência mundial. Meira Mattos (1977, p. 82-83) afirma que o general “Castelo Branco teve [...] o grande mérito de, chegando ao Palácio do Planalto, aplicar a metodologia da ESG no equacionamento de nossa política.”

Interessa-nos aqui sobremaneira a proposta de um modelo de interiorização do progresso e do desenvolvimento¹² sobre o Brasil interno, prática que beneficiaria a todos, inclusive aos povos dos países limítrofes ao território nacional brasileiro. “A transformação dessas regiões interiores

11 Determinados indícios sugerem que os nove países vizinhos seriam: Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Paraguai, Peru, Suriname e Venezuela. Meira Mattos (1977, p. 90) dizia que o Brasil tinha “contatos fronteiriços muito tênues com os nossos vizinhos continentais do norte e noroeste”.

12 Grosso modo, os sentidos das palavras *progresso* e *desenvolvimento* podem ser pensados como sinônimos. Indicavam basicamente acréscimo populacional, expansão da infraestrutura, sobretudo construção de rodovias, militarização estatal, intensificação comercial e, sobretudo, implantação e consolidação da economia em áreas concebidas como despovoadas do interior brasileiro.

em áreas de intercâmbio internacional, atraindo para elas transportes, comunicações, população, serviços públicos, representará um “toque de alvorada” não somente no Brasil mas em todos os nossos vizinhos.” (Meira Mattos, 1977, p. 16).

O objetivo central residia em reverter a suposta posição de isolamento que assolaria o interior brasileiro – e a Amazônia brasileira em especial – quando comparada às demais áreas do território nacional. Visando a efetivação dessa política, assim nos informa Meira Mattos (1990), transferiu-se a capital federal do Rio de Janeiro para a cidade de Brasília, foram construídas estradas, usinas de geração de energia, armazéns, núcleos de povoamento, vilas agrícolas, indústrias de beneficiamento de grãos, dentre outras ações. Intensificou-se também a militarização da região. O avanço da fronteira agrícola sobre as terras do Cerrado extrapolou os limites nacionais, estendendo-se ainda para os territórios paraguaio e boliviano. Conseqüentemente, o poder geopolítico brasileiro também foi ampliado.

Meira Mattos (1977, p. 84) concebeu nos seguintes termos o trabalho realizado pelos militares: “Através de quatro presidentes revolucionários foi possível manter-se uma invejável continuidade na busca de objetivos nacionais, na orientação dos planos básicos e no fortalecimento do poder.”¹³

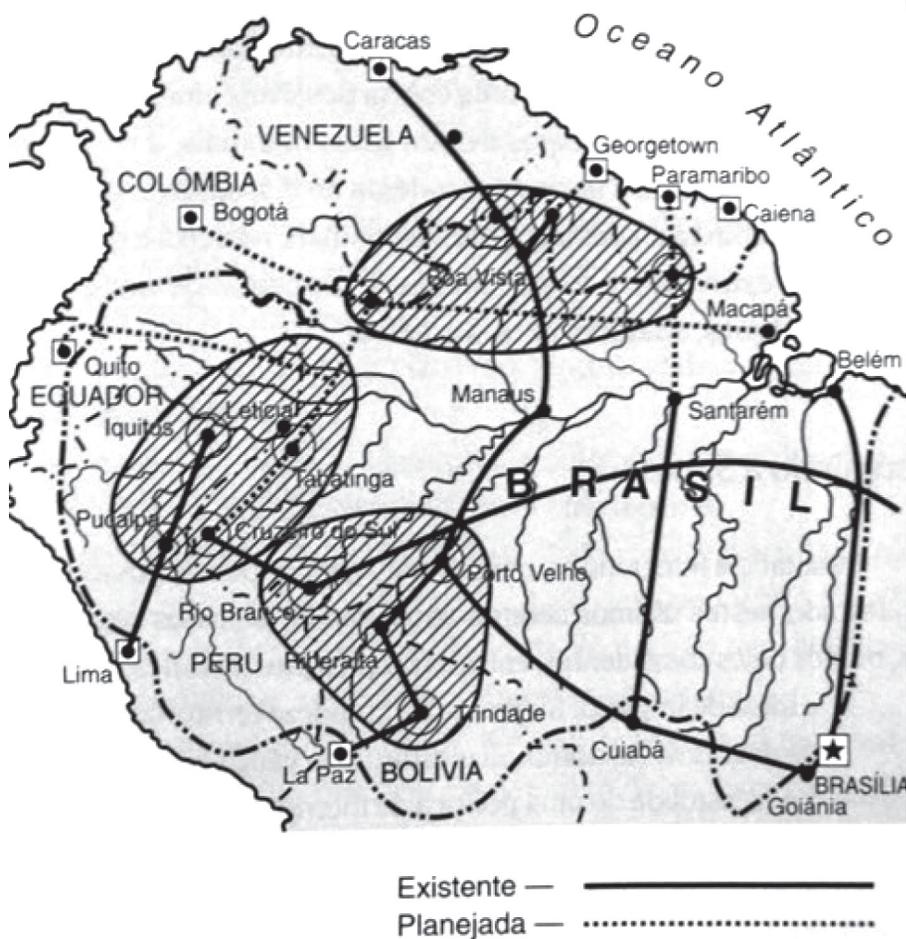
Planos e produções cartográficas também são itens frequentes nos trabalhos de Meira Mattos. Constatamos que os últimos estão pulverizados em muitos capítulos de suas obras. Analisando os textos em geral e os mapas em particular produzidos e/ou utilizados por Meira Mattos – a exemplo dos capítulos XIII e IX da obra *A geopolítica e as projeções do poder e Geopolítica e modernidade: a geopolítica brasileira* – visualizamos o que seria a atuação do Estado nacional sobre as terras amazônicas: muito claramente um interior a ser integrado ao restante do Brasil e conectado ao mundo. Por sua vez, essa ação não seria possível sem a incorporação das terras da Região Centro-Oeste e, mais ainda, do Estado de Mato Grosso, integrante do Centro do Continente, ao mesmo projeto geopolítico.¹⁴

13 Meira Mattos referia-se aos governos dos generais-presidentes Castelo Branco, Costa e Silva, Médici e Geisel.

14 O Estado de Mato Grosso era conhecido, dentre outras denominações, como o “Grande Estado do Brasil Central” e abarcava os territórios que hoje compõem os Estados de Rondônia, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Era igualmente descrito como uma região “pouco povoada” e que precisaria ser “desenvolvida”. A densidade populacional na década de 1940 era menor do que a do Estado do Amazonas. As terras mato-grossenses abarcavam parte das três mais expressivas áreas geopolíticas do Brasil, com destaque para a Bacia Amazônica, a Bacia do Prata e o Centro do Continente. Ver outros detalhes em Moro (2014).

Mapa 2. Áreas interiores de intercâmbio.

ÁREAS INTERIORES DE INTERCÂMBIO FRONTEIRIÇO E SISTEMA RODOVIÁRIO PLANEJADO PARA A VERTEBRAÇÃO DA PAN-AMAZÔNIA



Fonte: Meira Mattos (2002, p. 89).

Na prática, a Amazônica não foi brindada com o desenvolvimento e a ocupação teorizadas nas análises de autores como Couto e Silva e Meira Mattos. O tão almejado progresso, sobretudo no viés de uma interiorização nacional que teria ramificações com as nações vizinhas, podendo integrar e amalgamar o território, tal qual entendiam estes militares nos anos 1950-70, ocorreu apenas de forma parcial. Inclusive, alguns estudos – a exemplo do que constatamos no artigo de Gerd Kohlhepp (2002) – mostram vivamente que o *lado negativo* desse projeto-ação foi mais enfático do que o *positivo*. Entretanto, as terras do Estado de Mato Grosso foram ocupadas com muito mais “sucesso”, do ponto de vista geopolítico, do que as da fronteira amazônica.

Povoou-se a região com o “elemento branco”, ou ao menos “embranquecido”, fato que resultou no adensamento do número de habitantes por km². Foram construídas vias de comunicação com o propósito de facilitar as atividades de transportes de grãos, mercadorias e pessoas. Houve também a feitura de projetos diversos e o desenvolvimento de algumas atividades econômicas, sobretudo na agricultura monocultora, em particular nas culturas do milho e da soja, esperando que essas gerassem dividendos ao Brasil.

Atuações militares na fronteira oeste do Brasil

Os projetos de desenvolvimento dados pelos imperativos do capitalismo internacional e sua necessidade de geração de energia, de desenvolvimento para atender suas demandas, acabou por gerar obras como a construção de barragens hidrelétricas (Silva, 2010). Assim, para intervir e concentrar a dinâmica do desenvolvimento do parque tecnológico no Brasil, os militares também iniciaram a ocupação do interior através da chamada “política dos corredores de exportação”, projeto esboçado na década de 1930, porém materializado somente nos anos 1960. Segundo Nelson Bacic Olic (1994, p. 49-52) e Shiguenoli Miyamoto (1995), essa política deslocou o Paraguai da área de influência argentina via Bacia do Prata. Tal prática contribuiu para que ele ficasse mais próximo do Brasil a partir da segunda metade do século XX.

Data desse período a construção de empresas como Itaipu e Tucuruí, para a geração de energia; construção de pontes, como a Rio-Niterói, e a Ponte da Amizade com o Paraguai; estradas como a Transamazônica, incentivo à migração nas áreas Norte e Centro-Oeste, com destaque para

as terras de cerrado, inclusive amparadas nessas obras; iniciativas como o Projeto Rondon, para que se tivesse melhor dimensão dos “problemas sociais” do interior, mas, principalmente, para que o Estado conseguisse controlar as populações que viviam “desgarradas” dos grandes centros e vulneráveis à atuação do que eles chamavam de ideias “alienígenas”, conjunto de valores e práticas que poderiam ser traduzidas e albergadas, vulgarmente, na palavra comunismo.

Por meio de suas obras, o sociólogo Octavio Ianni oferece-nos uma análise emblemática deste processo de “desenvolvimento nacional”. Dentre outras questões, o referido autor mostra os problemas e a precariedade da infraestrutura disposta à população empobrecida que vivia nesses confins da nação brasileira e, sobretudo, as dificuldades enfrentadas pelos sujeitos ao migrarem para as plagas amazônicas em busca de um pedaço de terra. Paralelamente Ianni (1979) descortina e nos chama a atenção para os ganhos financeiros obtidos por alguns grupos da elite nacional e instituições multinacionais que passaram a atuar na região, quase sempre obtendo significativos ganhos. Essa ação ajudou a preparar ainda mais o terreno para a consolidação do capitalismo agroexportador nessas terras.¹⁵

A penetração do Brasil no continente sul-americano pode também ser lida e explicada à luz da convivência dos EUA. De acordo com Domingos Laino (1979, p. 12), a divisão de linhas fez-se da seguinte forma:

Duas correntes teóricas traçam o marco geopolítico da ação do governo brasileiro: a primeira corresponde ao tenente-coronel Mário Travassos e logo a de seu continuador, o general Golbery do Couto e Silva. Segundo Juan E. Guglielmelli a problemática geopolítica do Brasil na América Latina, com ênfase no antagonismo entre as bacias do Amazonas e do Prata [percebe-se n] a oposição entre ambas as bacias [e] resolveria-se em torno do controle e atração do ‘triângulo econômico’ Cochabamba-Sucre-Santa Cruz. Afirma Travassos que ‘o Brasil da Bacia do Prata, apesar de requerer meios artificiais para unir-se ao oceano, dispõe de portos com suficiente capacidade de atração na costa e dos estímulos de dois países mediterrâneos que naturalmente reagem contra a força centrípeta do Prata: o Sul do Mato Grosso, prolongando os territórios de São Paulo e Paraná, representa a força de penetração’.

15 A respeito da referida problemática, sugerimos a leitura dos seguintes textos de Octavio Ianni, todos publicados em 1979: *A luta pela terra, Colonização e contra-reforma agrária na Amazônia e Ditadura e agricultura*.

Acreditamos que a consolidação do Brasil na fronteira oeste pode ser aferida por dois fragmentos de Couto e Silva. Estas reflexões estão distantes duas páginas uma do outra, constituintes de um item denominado *Diretrizes Geopolíticas*, e que comprovam que uma alternativa como a de Itaipu foi pensada na perspectiva de dominação da região. Referindo-se ao rio Paraguai: “a incorporação, também, da periferia circulatória do segundo cinturão interior onde ressalta o papel integrador do Paraguai e seus maiores afluentes” (Couto e Silva (1981, p. 132-3). Na sequência, Couto e Silva (1981, p. 135) afirmou:

Importa salientar, pelo menos, a importância da vitalização dos rios navegáveis de toda a faixa fronteira onde a bandeira brasileira precisa, no mais curto prazo, fazer-se não só presente, mas assídua, e, além disso, a necessidade de um concurso nacional, de fato representativo, nas ligações tanto aéreas como também marítimas, entre os principais centros populosos dos países sul-americanos.

O que se apresenta em *Geopolítica do Brasil* é bastante clarificador da ação militar. Nas conclusões do texto de 1960, Couto e Silva (1981, p. 137-138) expõe que a geopolítica brasileira deve pautar-se, dentre outros aspectos, por “expansionismo para o interior e, também, de projeção pacífica no exterior”; ao mesmo tempo em que se faça uma “geopolítica de contenção, ao longo das linhas fronteiriças” e, por fim, geopolítica de “participação na defesa da Civilização Ocidental, que também é a nossa.”

As análises de Meira Mattos mostram-se essencialmente próximas da referida questão. Esse autor cita em várias oportunidades a obra do general Golbery, ao que tudo indica com o intuito de reafirmar os seus pensamentos geopolíticos. O grande projeto, em síntese, dos generais em estudo neste artigo foi transformar o Brasil em uma potência mundial. Em 1980, mesmo um lustro antes de fundada a Ditadura Civil-Militar brasileira (1964-85), Meira Mattos admitia literalmente que a concretização dos projetos geopolíticos de povoamento e de colonização efetivas do interior do Brasil ainda estavam inconclusos. Em outras palavras, e aqui nos valemos das reflexões externadas por Silvana de Abreu (2001), poderíamos dizer que o Plano de Viação Nacional (1973), as obras rodoviárias, o PIN-Programa de Integração Nacional (1973), o Programa de Pólos Agropecuários

e Agrominerais da Amazônia (1975), dentre outros, não atingiram os objetivos esperados.

“Assim, em termos de estratégia de ocupação de vastos espaços vazios, estamos diante de duas experiências inacabadas. Nem o ambicioso Programa de Integração Nacional, governo do Presidente Médici, na parte de colonização pôde ser cumprido, nem o Programa Poloamazônia do governo Presidente Geisel terminou de ser implementado.” (Meira Mattos, 1980, p. 101).

Em conformidade com a citação anterior, a Amazônia continuava afastada do território nacional – entenda-se aqui o leste/litoral brasileiro. Estaria ainda parcamente povoada e com uma produção econômica inexpressiva quando comparada à totalidade do Produto Interno Bruto produzido no Brasil. Mesmo assim, a “Modernização conservadora “de cima”, exercida pelos governos militares que incorporavam o setor privado às elites regionais e nacionais por incentivos fiscais, tinha que manter a aparência democrática de modo a não colocar em perigo os créditos internacionais.” (Kohlhepp, 2002, p. 40).

No Estado de Mato Grosso, entendido aqui como “Grande Estado do Brasil Central”, pode-se afirmar que ocorreram transformações geopolíticas mais expressivas do que as verificadas nas terras amazônicas. A migração de agricultores e de pessoas comuns provenientes de todos os locais do Brasil foi muito intensa nas décadas de 1960 e, sobretudo, no decorrer dos anos 1970-80. Municípios como Campo Grande e Dourados, hoje pertencentes ao Estado de Mato Grosso do Sul (MS)¹⁶, tiveram os seus cotidianos alterados em razão deste processo de avanço da fronteira agrícola (Moro, 2009).

Por meio do desenvolvimento da monocultura de grãos, o solo oeste passou a ser valorizado financeiramente e a região, que na década de 1920 chegou a ser pensada como “cerrado estéril” (Amaral, 1927, p. 12-13), tornou-se uma fronteira agrícola de grande relevo não apenas para o *Brasil potência continental/mundial*. Pensando no êxito dos projetos geopolíticos das décadas de 1960 e, sobretudo, da de 1970, poderíamos

16 Mato Grosso do Sul foi criado no dia 11 de outubro de 1977, passando a existir efetivamente em janeiro de 1979. Antes, a referida região integrava a parcela sul do então Estado de Mato Grosso. Após a divisão, o norte continuou sendo denominado como Estado de Mato Grosso, e sua capital permaneceu em Cuiabá. A porção sul do território da antiga Unidade Federativa de Mato Grosso tornou-se Estado de Mato Grosso do Sul. A cidade de Campo Grande foi alçada ao posto de capital política e administrativa.

afirmar que as terras do Centro do Continente, em particular as do Planalto Central, foram “ocupadas” bem mais a contento do que as terras da Bacia Amazônica. Contudo, essa realidade não foi projetada tão nitidamente nos escritos geopolíticos destes generais. Também não podemos desconsiderar os efeitos *negativos* ou, no mínimo, *limitados* que assolaram a região, acometendo as populações nativas e, ainda, determinados grupos de migrantes. Os estudos de Alexandre Panosso Netto (2002) e de Vitale Joanoni Netto (2007) recuperam uma parte desse processo.

Esse fato sinaliza, por um lado, a não concretização dos projetos geopolíticos ao tentarem construir um *Brasil potência mundial*, pois na teoria o interior precisaria ser povoado para então tornar-se economicamente ativo e integrado no conjunto nacional; por outro, mostra a dependência política desse mesmo *Brasil potência mundial* diante dos demais países capitalistas do mundo ocidental, uma vez que a tão alardeada ocupação econômica do oeste brasileiro – ou em outros termos da fronteira ocidental/fronteira oeste – fez-se na prática muito mais pela exigência desse mundo industrializado e desenvolvido do que em razão dos empenhos e das ações geopolíticas pensadas e defendidas por determinados grupos sociais vigentes no Brasil dos anos 1950-70.

Considerações finais

Os escritos de Golbery do Couto e Silva e de Carlos de Meira Mattos são datados e indicam a existência, tanto no Brasil quanto na América do Sul, de autores, de grupos sociais e de políticas governamentais amplamente apoiadas pelo Estado brasileiro entre as décadas de 1950-70 que procuraram fomentar um modelo de desenvolvimento nacional ancorado em alguns pressupostos da geopolítica desenvolvida na ESG. Esse modelo poderia ser concretizado se os países seguissem algumas metas, dentre as quais merecem destaque: a) defesa dos limites territoriais interiores julgados como menos protegidos e b) ocupação populacional dos chamados “espaços vazios”. Por sua vez, a transformação dessas estratégias em realidade geraria um desenvolvimento econômico regional/nacional, beneficiando a nação como um todo e, também, os países vizinhos. A *continentalização* do interior da América do Sul, sobretudo estratégica e econômica, seria o benefício mais destacado desse plano geopolítico.

A realidade nos mostra que entre a teoria e a prática, os planos e o mundo concreto, as distâncias podem e, de fato, foram imensas. Situação

de certa forma também reconhecida textualmente pelos autores geopolíticos aqui estudados, a exemplo de uma afirmação do próprio Carlos de Meira Mattos (1980, p. 101). A efetivação dos projetos geopolíticos na região da fronteira oeste brasileira indica que, em muitos casos, consideráveis contingentes populacionais foram fixados em áreas desprovidas da mais básica infraestrutura. As condições de acesso e de sobrevivência também eram deficitárias. A tentativa de preenchimento dos “espaços vazios” ou dos “vazios demográficos” ocorreu atendendo à conveniência do capital nacional que, não poucas vezes, só logrou êxito ao associar-se a grupos internacionais. Inúmeros indícios textuais contidos nas obras geopolíticas de Golbery do Couto e Silva e Carlos de Meira Matos nos mostram que as necessidades humanas não eram propriamente o cerne das preocupações desses autores. Esperava-se que os fatores estratégicos e econômicos resolvessem todos os demais “problemas”.

Outro aspecto importante foi o de que a “colonização” das fronteiras atendeu em grande parte o anseio do “Brasil Grande”, ideário propagado pela Ditadura Civil-Militar (1964-1985). Somado a esse fator, pode-se considerar que apenas os setores detentores de capital, tanto o agroexportador quanto o financeiro, tiveram efetivos benefícios na promoção do que seria o “desenvolvimento” dessa região. Assim como outras grandes monoculturas, a soja também passou a dominar a paisagem da região. Na atualidade, essa política econômica é alvo de inúmeras críticas, especialmente porque grande parte do Centro-Oeste brasileiro repousa sobre uma das maiores reservas de água doce e potável do planeta: o “Aquífero Guarani”.

No tempo presente, essa e outras práticas monoculturas servem-se dessas águas, tendendo em um futuro não muito longínquo a piorar, esgotar e sobremaneira inviabilizar a utilização por parte do ser humano de inúmeros mananciais de água outrora concebidos como potáveis. As comunidades tradicionais também foram e continuam sendo impactadas por esse modelo de desenvolvimento.

Referências

- Abreu, S. de. (2001). *Planejamento governamental: a SUDECO no espaço mato-grossense: contexto, propósitos e contradições*. Tese (Doutorado de Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.
- Alves, M. H. M. (2005). *Estado e oposição no Brasil (1964-1984)*. Bauru: EDUSC.
- Amaral, L. (1927). *A mais linda viagem: um “raid” de vinte mil quilômetros pelo interior brasileiro*. São Paulo/Cayeiras/Rio de Janeiro: Melhoramentos de São Paulo.
- Arruda, A. de. (1980). *ESG: história de sua doutrina*. São Paulo/Brasília: GRD/INL/MEC.
- Assunção, V. N. F. de. (1999). *O Satânico Doutor Go: a ideologia bonapartista de Golbery do Couto e Silva*. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), São Paulo.
- Couto e Silva, G. do. (1967). *Geopolítica do Brasil*. Rio de Janeiro: José Olympio.
- Couto e Silva, G. do. (1969). Interiorização, o grande tema em debate. *Revista de Finanças Públicas*, XXIX(279), 2-4.
- Couto e Silva, G. do. (1981). *Conjuntura política nacional: o poder executivo & geopolítica do Brasil*. 3. ed. Rio de Janeiro: José Olympio.
- Fernandes, F. (2006). *A Revolução burguesa no Brasil. Ensaio de interpretação sociológica*. São Paulo: Globo.
- Freitas, J. M. C. (1999). *A Escola Geopolítica brasileira*. Lisboa: Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas.
- Hobsbawm, E. (1995). *Era dos extremos: o breve século XX: 1914-1991*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Ianni, O. (1979). *A luta pela terra: história social da terra e da luta pela terra numa área da Amazônia*. Petrópolis: Vozes.
- Ianni, O. (1979). *Colonização e contra-reforma agrária na Amazônia*. Petrópolis: Vozes.
- Ianni, O. (1979). *Ditadura e agricultura: o desenvolvimento do capitalismo na Amazônia: 1964-1978*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.

- Joanoni Neto, V. (2007). *Fronteiras da crença: ocupação do norte de Mato Grosso após 1970*. Cuiabá: Carlini & Caniato/UFMT.
- Kohlhepp, G. (2002). Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. *Estudos avançados*, São Paulo, 16(45), 37-61.
- Laino, D. (1979). *Paraguai: fronteiras e penetração brasileira*. São Paulo: Global.
- Lenharo, A. (1985). *Colonização e trabalho no Brasil: Amazônia, Nordeste, Centro-Oeste: anos 30*. Campinas: UNICAMP.
- Lenharo, A. (1989). *Sacralização da política*. (2. ed.) Campinas: UNICAMP/Papirus.
- Meira Mattos, C. de. (1975). *Brasil, geopolítica e destino*. Rio de Janeiro: BIBLIEX.
- Meira Mattos, C. de. (1977). *A geopolítica e as projeções do poder*. Rio de Janeiro: BIBLIEX.
- Meira Mattos, C. de. (1980). *Uma geopolítica pan-amazônica*. Rio de Janeiro: BIBLIEX.
- Meira Mattos, C. de. (1990). *Geopolítica e teoria de fronteiras: fronteiras do Brasil*. Rio de Janeiro: BIBLIEX.
- Meira Mattos, C. de. (2002). *Geopolítica e modernidade: a geopolítica brasileira*. Rio de Janeiro: BIBLIEX.
- Miyamoto, S. (1984). *Geopolítica e autoritarismo: o caso brasileiro*. Marília: UNESP.
- Miyamoto, S. (1985). *A geopolítica e o Brasil Potência*. Marília: UNESP.
- Miyamoto, S. (1995). *Geopolítica e poder no Brasil*. Campinas: Papirus.
- Moro, N. D. (2009). Representações da elite sobre o “povo comum” na cidade de Campo Grande (décadas de 1960-70). *Fronteiras: revista do Programa de Pós-Graduação em História da UFGD*, Dourados, 11 (20), 123-149.
- Moro, N. D. (2014). Formas de conceber a terra no oeste do Brasil. *História Revista: revista da Faculdade de História e do Programa de Pós-Graduação em História da UFG*, Goiânia, 19 (1), 237-264. DOI: <http://dx.doi.org/10.5216/hr.v19i1.30525>
- Olic, N. B. (1994). *Geopolítica da América Latina*. 8. ed. São Paulo: Moderna.
- Panosso Netto, A. (2002). *Geopolítica, agricultores e madeireiros na frente oeste de colonização: o caso do norte de Mato Grosso*. Campo Grande: UCDB.

- Rago, M. A. de P. (2008). *José Ermírio de Moraes: a trajetória de um empresário nacional*. São Paulo: Paz e Terra.
- Silva, J. da. (2010). *A Usina de Itaipu e a Operação Condor: o outro lado das relações bilaterais Brasil-Paraguai (1973-1988)*. Dissertação (Mestrado em História) – Programa de Estudos Pós-Graduados em História, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), São Paulo.
- Silva, J. da. (2013). A ação das Assessorias Especiais de Segurança e Informações da Usina Binacional de Itaipu no contexto das atividades de cooperação extrajudiciais no Cone Sul. *Cordis: revista eletrônica de história social da cidade*, PUC-SP, São Paulo, (11), 219-251.
- Tota, A. P. (2000). *O imperialismo sedutor: a americanização do Brasil na época da Segunda Guerra*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Turner, S. (2008). *Queime antes de ler: presidentes, diretores da CIA e espionagem internacional*. Rio de Janeiro/São Paulo: Record.
- Vizentini, P. F. (2003). *Relações internacionais do Brasil: de Vargas a Lula*. São Paulo: Perseu Abramo.
- Zago, L. G. (2007). *Fronteira e Segurança Nacional no Extremo Oeste Paranaense: um estudo do Município de Marechal Cândido Rondon*. Dissertação (Mestrado em História) – Programa de Pós-Graduação em História, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo.



ESTUDIOS DE CASO

CASE STUDIES

**DESARROLLO DE INVENTARIOS DE EMISIONES
DE GASES EFECTO INVERNADERO, UNA
HERRAMIENTA DE APOYO EN LA AGENDA LOCAL
DE CAMBIO CLIMÁTICO: CASO SAN JOSÉ**

**GREENHOUSE GAS EMISSIONS INVENTORIES AS A
TOOL THAT SUPPORTS THE CLIMATE CHANGE LOCAL
AGENDA: SAN JOSE EXPERIENCE**

*Jorge Herrera-Murillo*¹

*José Félix Rojas-Marín*²

*Andrea Quirós-Fallas*³

*Carolina Balma-Montero*⁴

*Deivis Anchía-Leitón*⁵

Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

-
- 1 Académico y coordinador del Laboratorio de Análisis Ambiental, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Email: jorge.herrera.murillo@una.cr
 - 2 Académico e investigador del Laboratorio de Análisis Ambiental, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Email: jose.rojas.marin@una.cr
 - 3 Estudiante de Licenciatura en Química Industrial, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Email: andreaqf.10@gmail.com
 - 4 Asistente de investigación del Laboratorio de Análisis Ambiental, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Email: balmame@outlook.es
 - 5 Asistente de investigación del Laboratorio de Análisis Ambiental, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Email: deivis.anchia.leiton@una.cr

Fecha de recepción: 11 de julio de 2016

Fecha de aceptación: 07 de octubre de 2016

RESUMEN

Aplicando un enfoque metodológico adaptado de las guías del IPCC y el protocolo GHG para ciudades, se elaboró un inventario de emisiones de gases efecto invernadero para el cantón de San José, lo que representa un insumo base para orientar la agenda local en materia de cambio climático. Durante el año 2011 se generaron en total 820 295 toneladas de CO₂ equivalente. En orden de importancia, las fuentes móviles aportaron un 84,7% de las emisiones, seguidas del consumo de electricidad en el sector residencial y general (7,7%) y las fuentes fijas del sector industrial (1,4%). Las emisiones de tipo directo contribuyeron a un 90,9% del inventario mientras que las indirectas (alcance 2) representan el 9,1%. En promedio cada vivienda del cantón genera alrededor de 0,41 Ton de CO₂ eq/año sin embargo, este indicador varía desde 0,66 Ton de CO₂ eq/año en la Uruca hasta 0,33 Ton de CO₂ eq/año en Hatillo.

Palabras clave: cambio climático, gases efecto invernadero, inventarios de emisiones, San José.

ABSTRACT

San José greenhouse gas emissions were estimated applying a methodological approach adapted from the IPCC guidelines and the GHG protocol for cities such as basic input to guide the local agenda on climate change. In total during the year 2011, 820 295 tons of equivalent CO₂ were generated. In order of importance, mobile sources accounted for 84.7 % of emissions, followed by electricity consumption in the residential sector as a whole (7.7%) and fixed sources of industrial sector (1.4%). Direct emissions contributed to 90.9 % of the inventory while indirect (Scope 2 and 3) represent 9.1%. On average, each home generates about 0.41 tons CO₂ eq / year; however, this indicator ranges from 0.66 tons of CO₂ eq / year in Uruca to 0.33 tons of CO₂ eq / year in Hatillo.

Keywords: Climate Change, greenhouse gases, emission inventories, San José.

Introducción

El clima a escala mundial ha evolucionado desde siempre y lo ha hecho de forma natural, sin embargo, los niveles de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera han aumentado rápidamente desde la era industrial como producto de la actividad humana. Esto ha generado una nueva fuente capaz de impulsar el cambio climático, el cual trae consigo repercusiones significativas sobre la estructura y función del medio ambiente, la sociedad y la economía de las naciones (Peters y Hertwich, 2008).

Según datos reportados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por su siglas en inglés), las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) eran de 391 ppmv, 1 803 ppbv y 324 ppbv, respectivamente durante el año 2011, excediendo los valores preindustriales en aproximadamente 40%, 150% y 20%, respectivamente. El forzamiento radiativo provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero mezclados (CO₂, CH₄, N₂O y halocarbonos) de 2011, en relación con el año 1750, es de 3,00 W m⁻² (IPCC, 2013). Lo anterior demuestra que, si no se realizan esfuerzos por

estabilizar las emisiones de GEI, las temperaturas globales van a incrementar entre 1,8°C y 4°C en el año 2100 (Wang y Wang, 2015).

Si bien es cierto los países en vías de desarrollo representan sólo un 10% de las emisiones en comparación con las que se producen a nivel mundial, son los más propensos a sufrir los impactos negativos que consigo puede traer el cambio climático, ya que la falta de recursos y su capacidad de reacción los convierte en territorios especialmente vulnerables ante situaciones adversas provocadas por este fenómeno (IPCC, 2013). Con el fin de anticiparse a este tipo de escenarios, resulta de vital importancia la generación y establecimiento de una serie de medidas que permitan mitigar las emisiones netas de carbono, utilizando como base el desarrollo de inventarios de emisiones de GEI, los cuales faciliten no solo la identificación y contabilización del aporte de principales fuentes emisoras de un espacio geográfico, sino determinar el potencial real de su reducción.

Por otra parte, los estudios para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero permiten georreferenciar, diagnosticar, clasificar y cuantificar las fuentes que contribuyen en mayor proporción a la generación de emisiones en un área, y de esta forma realizar un seguimiento espacial y temporal de los niveles emitidos (Moss et al., 2008; Wiedmann, 2009).

Como parte de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y la Iniciativa Paz con la naturaleza, la presidencia de la República de Costa Rica lanzó el compromiso internacional de convertirse en un país carbono neutral para el año 2021. El concepto de la carbono neutralidad es aún más amplio que la contabilización de las emisiones, ya que involucra las estrategias de reducción de GEI. Para alcanzar dicha meta a nivel país, una vez que a la cantidad emitida se sustraiga de la reducida, la restante debe ser eliminada a través de programas de educación y concientización ambiental, bonos de carbono, entre otros, y con esto llevar las emisiones de carbono a cero (MINAE, 2009).

El Ministerio de Ambiente y Energía ha creado directrices como el Acuerdo-36-2012-MINAET, en donde se oficializa el Programa País Carbono Neutralidad, estableciendo los lineamientos bajo los cuales se deben elaborar los inventarios de GEI. En una primera instancia el programa se ha enfocado en incorporar organizaciones del sector industrial y comercial, sin embargo la iniciativa ha despertado el interés de los gobiernos locales a nivel nacional, quienes lejos de buscar una certificación institucional han tratado de participar bajo un enfoque de ordenamiento territorial y crecimiento urbano.

Para lograr una contabilización de las emisiones de GEI a nivel local, se deben primeramente definir los límites o condición frontera del inventario, donde se incluya entre otros: el área geográfica a ser incluida, el lapso de tiempo, los tipos de gases y las fuentes de emisión a ser cubiertas, las cuales pueden ser clasificadas en 6 grandes categorías: energía estacionaria, transporte, residuos, procesos industriales, agricultura y otras emisiones que ocurren fuera de los límites territoriales del inventario como resultado de la actividad del cantón (WRI, 2014).

El presente artículo sistematiza la experiencia desarrollada durante la elaboración del inventario de emisiones de gases efecto invernadero en el cantón de San José. La cual generó para la Municipalidad de San José una herramienta que le permite y facilita el proceso de toma de decisiones, y el desarrollo de estrategias eficientes en materia de mitigación al cambio climático.

Metodología

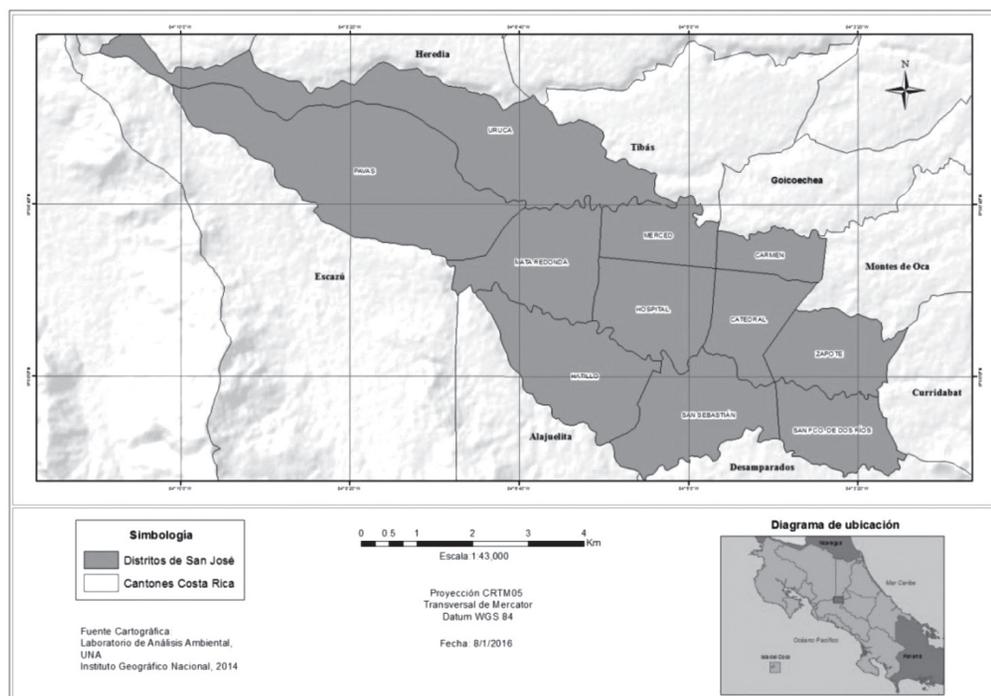
Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra delimitada geográficamente por los límites políticos del cantón de San José, el cual está conformado por 11 distritos: Carmen, Merced, Hospital, Catedral, Zapote, San Francisco de Dos Ríos, La Uruca, Mata Redonda, Pavas, Hatillo y San Sebastián (figura 1).

El cantón cuenta con una superficie de 44,62 km², representando tan sólo un 0,09% del territorio nacional sin embargo, a pesar de su relativo escaso tamaño concentra el 7,7% de la población del país, siendo en la actualidad uno de los cantones con más habitantes en el territorio nacional. De acuerdo con el Observatorio Municipal, el 90% de su área se encuentra urbanizado, conformado principalmente por un 24,65% de zonas residenciales, 7,75% de áreas mixtas residencia-comercio, 12,23% de comercios y servicios, 9,77% de industria y comercio, 11,10% de uso institucional, 6,72% de zonas verdes y 19,9% de vialidades. El porcentaje restante lo conforman espacios no urbanizables cercanos a los ríos (MSJ, 2011).

Las principales actividades económicas desarrolladas por el cantón se dividen en cuatro grandes categorías: los comercios, talleres (mecánica, ebanistería), servicios (gasolineras, tiendas, centros de fotocopiado, entre otros) y el sector industrial.

Figura 1. Ubicación geográfica, Área de estudio, 2016.



Fuente: Elaboración propia (2017).

Definición de las condiciones del inventario

Se procedió a determinar la condición frontera del inventario de emisiones, según lo establecido en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de las características del inventario desarrollado en el cantón de San José.

Condición	San José
Alcance espacial	Límites político-administrativos del cantón
Resolución espacial	Distrito
Año Base	2011
Resolución Temporal	Anual
Gases a considerar	Dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O), Perfluorocarbonos (PFC), Hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF ₆)

Fuente: Elaboración Propia

Estimación de las emisiones por categoría de fuente

Las fuentes correspondientes al alcance 1 incluyen emisiones de GEI localizadas dentro de los límites del cantón mientras que en el alcance 2 se contabilizan aquellas que ocurren fuera del territorio municipal como consecuencia del consumo cantonal de energía eléctrica, generación de vapor o calor. Por último, el alcance 3 se refiere a otras emisiones que ocurren fuera del cantón como parte de las actividades desarrolladas en él.

Alcance 1

Aguas Residuales

Para el cálculo de las emisiones generadas por el tratamiento de aguas residuales se realizó una subdivisión en tres categorías: residenciales, comerciales e industriales. Para el análisis de esta fuente se utilizó como información base el número de viviendas existentes por distrito y el tipo de disposición de las aguas residuales reportada en la Encuesta Nacional de Hogares del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Para el segmento comercial, se empleó la base de datos de patentes mientras que en el caso industrial, se analizaron los reportes operacionales de aguas residuales presentados ante el Ministerio de Salud. La metodología de cálculo de las emisiones se muestra en el cuadro 2.

Emisiones por uso de equipos que contienen refrigerantes

Se seleccionó una muestra representativa (5%) de los comercios e industrias existentes en el cantón, para lo cual se tomó como punto de partida la base de datos de patentes del municipio, la cual se dividió en 28 categorías distintas dependiendo de los patrones de uso de refrigerantes y se distribuyó de acuerdo al número de distritos. A cada uno de los establecimientos seleccionados se les aplicó una encuesta de campo con el fin de obtener información acerca del uso de equipos de refrigeración y aires acondicionados. En el cuadro 3, se presenta una descripción detallada de la metodología utilizada.

Extintores

A partir de las encuestas aplicadas en el sector comercial e industrial, se determinó la cantidad de estos que cuentan con extintores que utilizan

como agente químico CO_2 , el cálculo de sus emisiones se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$E_{CO_2, eq} = DA \times PCG \quad (7)$$

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

DA=Datos de actividad correspondiente al peso de cada uno de los extintores, kg.

PCG= Potencial de Calentamiento Global asociado.

Para efectos del cálculo de las emisiones se asumió que la carga del extintor se utilizaba totalmente durante el año base del inventario.

Cuadro 2. Metodología empleada para la estimación de las emisiones de GEI generadas por el tratamiento de aguas residuales.

Subcategoría	Datos de actividad	Metodología de cálculo
Residencial	-Cantidad de viviendas por distrito según la disposición de las aguas residuales (tanque séptico, letrinas, alcantarillado, vertido a ríos) (INEC) -Ocupación promedio de viviendas por distrito (INEC) -Valores de MCF por defecto para las aguas residuales domesticas del IPCC (Anexo 1). -Dato de Capacidad máxima de producción de CH_4 (B_o) por defecto para las aguas residuales domésticas del IPCC (Anexo 2) -Valor de DBO per cápita del IPCC (Anexo 3), utilizando la categoría "Asia, Oriente Medio, América Latina".	Para la estimación de dichas emisiones se utilizaron las siguientes fórmulas: $Kg\ DBO/año = P \times DBO_3 \times 0,001 \times 365$ (1) Fuente: IPCC, 2006. Donde: P= población que utiliza el sistema de disposición, hab. DBO_3 = DBO per cápita específica para cada región, kg DBO/hab*día. $Emis\ de\ CH_4 = Kg\ DBO/año \times MCF \times B_o$ (2) Fuente: IPCC, 2006. Dónde: MCF= Factor de corrección del metano. B_o = Capacidad máxima de producción de CH_4 .

Subcategoría	Datos de actividad	Metodología de cálculo
Comercial	<p>-Cantidad de comercios existentes según la base de datos del Departamento de Patentes</p> <p>-Para San José, se asumió que en promedio todos los comercios tenían al menos un servicio sanitario que dispone sus aguas en un tanque séptico y alcantarillado, respectivamente.</p> <p>- Se realizó una encuesta vía telefónica por medio de la cual se determinó la cantidad de visitantes promedio que frecuentan los establecimientos por día.</p> <p>-Valores de MCF por defecto para las aguas residuales domesticas del IPCC (Anexo 1).</p> <p>-Dato de Capacidad máxima de producción de CH₄ (Bo) por defecto para las aguas residuales domésticas del IPCC (Anexo 2)</p> <p>-Valor de DBO per cápita del IPCC (Anexo 3), utilizando la categoría "Asia, Oriente Medio, América Latina".</p>	<p>Para la estimación de dichas emisiones se utilizaron las siguientes fórmulas:</p> <p>$Kg\ DBO/año = V \times DBO_5 \times 0,001 \times 312$ (3)</p> <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Donde: V= cantidad de visitantes del comercio por año, hab. DBO₅= DBO per cápita específica para cada región, kg DBO/hab*día. 312 = cantidad promedio de días laborados por año</p> <p>$Emis\ de\ CH_4 = Kg\ DBO/año \times MCF \times B_o$ (4)</p> <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Dónde: MCF= Factor de corrección del metano. B_o = Capacidad máxima de producción de CH₄.</p>
Industriales	<p>-Datos de caudal y demanda bioquímica de oxígeno obtenidos de los reportes operacionales presentados por los entes generadores al Ministerio de Salud.</p> <p>-Valores de MCF por defecto para las aguas residuales industriales" del IPCC (Anexo 4).</p> <p>-Dato de capacidad máxima de producción de CH₄ (Bo) por defecto para las aguas residuales del IPCC (Anexo 2)</p>	<p>$Kg\ DBO/semestre = \left(\frac{DBO \times Q \times 1000}{1000\ 000}\right) \times d$ (5)</p> <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Donde: DBO= Demanda bioquímica de oxígeno, mg/L. Q= Caudal promedio, m³/d. d= Cantidad de días (trim/sem): Calculo de los días con respecto al periodo de entrega de los Reportes Operacionales.</p> <p>$CH_4 = Kg\ DBO/año \times MCF \times B_o$ (6)</p> <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Donde: MCF= Factor de corrección del metano. B_o = Capacidad máxima de producción de CH₄.</p>

Fuente: Elaboración propia (2017).

Cuadro 3. Metodología utilizada para la estimación de las emisiones de GEI generadas por el uso de sustitutos fluorados para sustancias que agotan la capa de ozono en equipos refrigerantes y aires acondicionados en el sector comercial.

Equipo	Información obtenida de la encuesta	Metodología de cálculo
Aires Acondicionados	<ul style="list-style-type: none"> -Cantidad de aires acondicionados instalados y sustituidos durante el año base. -Número y frecuencia de recargas de refrigerante realizadas durante el año base. -Existencia de procedimientos de recuperación de refrigerantes. -Tipo de refrigerante -Masa de carga de refrigerante contenida en los equipos. -Recargas realizadas en el período - Mezclas de CFC y HCFC en aires acondicionados y refrigeración” del IPCC - Estimaciones para la carga, vida útil y factores de emisión en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado” del IPCC (Anexo 8) 	<p>$Masa_{ref} = \frac{\% \text{ Composición}_{refrigerante}}{100} \times Carga R \text{ (8)}$</p> <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Donde: Composición refrigerante= Porcentaje respectivo de cada refrigerante, %. Carga R= masa del refrigerante contenido en el equipo, kg.</p> <p>$ECO_2eq = Masa_{ref} \times FE \times PCG_{ref} \text{ (9)}$</p> <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Donde: Masa_{refrigerante} = Masa de cada componente del refrigerante emitido, Kg. FE= Factor de emisión establecido para aire acondicionado, equipos de refrigeración y congeladores, respectivamente. PCG =Potencial de calentamiento global asociado a cada contaminante.</p>
Refrigeradoras	<ul style="list-style-type: none"> -Tipo de refrigerante -Masa de carga de refrigerante utilizada -Recargas realizadas en el período - Mezclas de CFC y HCFC en refrigeración comercial mediana y grande del IPCC - Estimaciones para la carga, vida útil y factores de emisión en refrigeración comercial mediana y grande del IPCC 	
Congeladores	<ul style="list-style-type: none"> -Tipo de refrigerante -Masa de carga de refrigerante utilizada -Recargas realizadas en el período - Mezclas de CFC y HCFC en congeladores del IPCC. - Estimaciones para la carga, vida útil y factores de emisión en congeladores del IPCC. 	

Fuente: Elaboración Propia (2017).

Consumo de combustible en residencias, comercios y sector público.

La estimación de las emisiones generadas por estas fuentes se estimó utilizando como insumo el Balance Energético correspondiente al año base del inventario así como los datos de la Encuesta Nacional de Hogares del INEC. Los detalles de la metodología se indican en el cuadro 4.

Cuadro 4. Metodología utilizada para la estimación de las emisiones de GEI generadas por consumo de combustible en residencias, comercios y sector público.

Sector	Información obtenida	Metodología de cálculo
Residencial	<ul style="list-style-type: none"> -Cantidad de viviendas existentes por distrito que utilizan un tipo específico de combustible (INEC) -Cantidad de viviendas existentes a nivel nacional que utilizan un tipo específico de combustible (INEC) -Consumo nacional por tipo de combustible para el sector residencial (Dirección Sectorial Energía) 	$Comb. consumido = Comb\ cons\ C.R \times \frac{viviendas\ por\ distrito}{viviendas\ totales} \quad (10)$ <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> $Emisiones\ comb.\ consumido = Consumo\ (Kg\ o\ L) \times FE$ <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Donde: FE= Factor de emisión nacionales (IMN) e internacionales (IPCC), según corresponda.</p>
Comercial	<ul style="list-style-type: none"> -Cantidad de comercios existentes por distrito. -Cantidad de comercios existentes a nivel nacional (INEC). -Consumo nacional por tipo de combustible para el sector comercial (Dirección Sectorial Energía) 	$Comb. consumido = Comb\ cons\ C.R \times \frac{Comercios\ por\ distrito}{Comercios\ totales} \quad (11)$ <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> $Emisiones\ comb.\ consumido = Consumo \times FE \quad (12)$ <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Donde: FE= Factor de emisión nacionales (IMN) e internacionales (IPCC), según corresponda.</p>
Instituciones Públicas	<ul style="list-style-type: none"> -Cantidad de empleados que laboran en instituciones públicas en el cantón (INEC) -Cantidad de empleados públicos a nivel nacional (INEC). -Consumo nacional por tipo de combustible para el sector público (Dirección Sectorial Energía) 	$Comb. consumido = Comb\ cons\ C.R \times \frac{Empleados\ públicos\ por\ cantón}{Empleados\ públicos\ totales} \quad (13)$ <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> $Emisiones\ comb.\ consumido = Consumo\ (Kg\ o\ L) \times FE \quad (14)$ <p>Fuente: IPCC, 2006.</p> <p>Donde: FE= Factor de emisión nacionales (IMN) e internacionales (IPCC), según corresponda.</p>

Fuente: Elaboración propia (2017).

Gestión del ganado y el estiércol

Se utilizó la metodología establecida por el IPCC (2006) en su capítulo de Agricultura. Para la obtención de las emisiones por la fermentación entérica, se multiplica la población animal, obtenida del Censo Agrícola del INEC, por el factor de emisión correspondiente, de la siguiente manera:

$$\mathbf{Emisiones\ Fermentación\ entérica = DA \times FE \times PCG} \quad (15)$$

Donde:

DA= población animal por subcategoría, cabezas.

FE= Factor de emisión, kg CH₄ cabeza⁻¹año⁻¹.

PCG= Potencial de Calentamiento Global del metano

Se utilizaron los factores de emisión correspondiente a países en desarrollo.

La generación de emisiones producto de la gestión del estiércol se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Gestión\ del\ estiércol}_{CH_4} = DA \times FE \times MCF \times PCG \quad (16)$$

Donde:

DA= población animal por subcategoría, cabezas.

FE= Factor de emisión, kg CH₄ cabeza⁻¹año⁻¹.

MCF=Factor de corrección de metano.

PCG= Potencial de Calentamiento Global.

El factor de emisión establecido por el IPCC depende de la temperatura del lugar por lo que se consultó al IMN para obtener la temperatura promedio para el cantón. Además, el dato de Factor de Corrección del Metano (MCF) fue obtenido del manual de IPCC (2006). Con respecto a las emisiones de óxido nítrico a partir de la gestión del estiércol se utilizaron los siguientes valores por defecto del IPPC (2006): datos de excreción de nitrógeno, sistemas de gestión de estiércol y la masa típica por animal. La fórmula se aplicó de la siguiente manera:

$$N_{EX(T)} = N_{índice(T)} \times \frac{TAM}{1000} \times 365 \quad (17)$$

Donde:

$N_{ex(T)}$ = excreción anual de N para la categoría de ganado T,
kg N animal⁻¹año⁻¹

$N_{indice(T)}$ = tasa de excreción de N por defecto, kg N (1000 kg
masa animal)⁻¹día⁻¹

$TAM_{(T)}$ = masa animal típica para la categoría de ganado T,
kg animal⁻¹

Posteriormente, el dato de excreción anual de N se multiplico por un factor de emisión dependiendo de la categoría del animal, tomando en cuenta el potencial de Calentamiento Global. Además por el número de cabezas de dicha categoría para obtener las toneladas de CO₂ eq correspondientes de cada una.

Hornos y calderas

Se utilizó la base de datos de Reportes Operacionales del Ministerio de Salud para extraer la cantidad de hornos y calderas que operan en el cantón. Las emisiones se calcularon multiplicando el dato de caudal de los gases emitidos por la concentración de los GEI presentes en los mismos.

Flota vehicular

Las emisiones provenientes de esta fuente fueron determinadas para: automóviles, taxis, autobuses, motocicletas, carga liviana y carga pesada. Para esto se calculó la cantidad de vehículos para el cantón con la siguiente ecuación:

$$Cantidad\ de\ vehiculos_E = Cantidad\ de\ vehiculos_{FG} \times \frac{Consumo\ de\ combustible_G}{Consumo\ de\ combustible_{CR}} \quad (18)$$

Donde:

Cantidad de vehículos_G = número de vehículos en el cantón

Cantidad de vehículos_{CR} = número de vehículos Costa Rica.

Consumo de combustible_G = consumo de combustible en el cantón (L).

Consumo de combustible_{CR} = consumo de combustible en Costa Rica (L).

Posteriormente se multiplicó por los kilómetros recorridos promedio para el cantón dependiendo del tipo de combustible y vehículo, tomado de la Encuesta de recorridos de la Dirección Sectorial Energía. Los factores de emisión asociados a cada contaminante fueron extraídos del Registro de emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Distrito Federal (2012).

$$\text{Toneladas de CO}_2\text{eq.} = \text{Cantidad de vehículos}_{SI} \times KR \times FE \times PCG \quad (19)$$

Donde:

KR= kilómetros recorridos (km).

FE= factor de emisión asociado a cada contaminante (g/km).

Las fuentes móviles generan mayoritariamente emisiones de dióxido de carbono derivado del proceso de combustión. Para el caso del metano y el óxido nitroso, se tomaron en cuenta aquéllas que se generan cuando el vehículo está en marcha y las que se originan cuando se enciende el motor en frío, asumiendo que esto ocurre en promedio unas tres veces al día.

Transporte no Convencional

Para el caso del transporte ferroviario y el transporte aéreo se solicitó la información referente al consumo de combustible utilizado al Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) y a la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), responsable de la distribución de combustible en el Aeropuerto Tobías Bolaños. Una vez obtenidos los datos se trasladan a Terajulios (TJ) y se multiplicaron por el factor de emisión del IPCC para ferrocarriles y transporte aéreo.

Residuos sólidos

Con el fin de estimar las emisiones procedentes de la descomposición de los residuos sólidos se toman los datos de la cantidad de viviendas por distrito, el promedio de ocupantes por vivienda, el porcentaje de personas que dan tratamiento biológico a sus residuos según datos del censo (INEC 2011) y la tasa de generación nacional del año 2011.

Así mismo los valores del contenido de carbono orgánico degradable de los residuos húmedos por defecto y el MCF se tomaron de la categoría de “Sitios semiaeróbicos gestionados de eliminación de desechos sólidos”

del anexo 6 de la metodología del IPCC. El cálculo de dichas emisiones se obtiene de las siguientes fórmulas:

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF \quad (20)$$

Fuente: IPCC, 2006.

Donde:

W=Masa de los desechos depositados, kg.

DOC= Carbono orgánico degradable durante el año de deposición, C/kg.

DOC_f=Fracción de DDOC_m que puede descomponerse (fracción).

MCF= Factor de corrección de CH₄ para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción).

$$L_o = DDOC_m \times F \times \frac{16}{12} \quad (21)$$

Fuente: IPCC, 2006.

Dónde:

L_o= Potencial de generación de CH₄, kg CH₄

DDOC_m = Masa del DOC disuelto depositado, kg.

F= Fracción de CH₄ en el gas de vertedero generado.

16/12= Cociente de pesos moleculares, CH₄/C.

$$Emisiones\ de\ CO_2\ eq.\ al\ año = \frac{L_o \times PCG}{1000} \quad (22)$$

Fuente: IPCC, 2006.

Donde:

L_o= Potencial de generación de CH₄, kg CH₄.

PCG= Potencial de calentamiento global correspondiente al metano.

Alcance 2

Energía

Para el cálculo de emisiones por esta fuente, se solicitó a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, los datos de consumo mensual de electricidad para las siguientes categorías sector industrial, comercial, residencial, alumbrado público y el sector público. Es importante mencionar que dicha institución manifestó que la red no cuenta con transformadores que contengan SF₆ o mixtos (SF₆-Aceite dieléctrico), por lo tanto estas no son contempladas en el presente inventario. El cálculo de las emisiones para el sector energía se realizó de la siguiente manera:

$$\text{Emisiones CO}_2 \text{ eq. al año} = DA \times FE \quad (23)$$

Fuente: IPCC, 2006.

Dónde:

DA=Dato de actividad (kWh/mes)

FE= Factor de emisión (kg CO₂ e/KWH), tomado del IMN (2014).

Estimación de la incertidumbre

Para la estimación de incertidumbre se utilizó el método de propagación de error para combinar las dispersiones planteadas para Factor de Entrada/Emisión y Actividad (determinadas como mínimo y máximo). Se asumió una distribución normal logarítmica para establecer la distribución de probabilidad. Las estimaciones siguen en buena medida las directrices propuestas por IPCC, 2000 y Pulles et al., 2006.

Resultados

Tal como se puede observar en el cuadro 6, las emisiones totales de GEI para el cantón de San José registradas durante el año 2011 corresponden a 820 295 toneladas de CO₂ equivalente. Las principales fuentes de emisión en orden de importancia provienen de las fuentes móviles (84,7%), el consumo de electricidad en el sector residencial y general (7,7%) y las fuentes fijas del sector industrial (1,4%). Las emisiones de tipo directo contribuyen a un 90,9% del inventario mientras que las indirectas (alcance 2) representan el 9,1%. De acuerdo con los datos de población reportados

por el INEC, en el cantón de San José, habitan 325 155 personas, lo que implica una tasa neta de emisión de 2,52 Ton CO₂ e/año, la cual resulta inferior al valor reportado para otras urbes como la Ciudad de México, 3,47 Ton CO₂ e/año (SEDEMA, 2013).

Cuadro 6. Emisiones de GEI generadas en el cantón de San José durante el año 2011.

Alcance	Fuente	Emisiones (Ton CO ₂ eq)
1	Tratamiento de aguas residuales en sector residencial	4 386
	Tratamiento de aguas residuales en sector comercial	1 682
	Tratamiento de aguas residuales en sector industrial	4 725
	Uso de refrigerantes en sistemas de refrigeración	448,9
	Uso de refrigerantes en sistemas de congelación	358,2
	Uso de refrigerantes en sistemas de aire acondicionado	541,0
	Extintores	80,3
	Transporte Ferroviario	2 166
	Transporte aéreo Aeropuerto Tobías Bolaños	10 722
	Uso de combustibles en el sector residencial	9 873
	Uso de combustibles en el sector comercial	3 294
	Uso de combustible en el sector público	1 123
	Agricultura	88,7
	Fuentes móviles	694 922
	Fuentes Fijas del sector industrial (calderas y hornos)	11 505
Residuos Sólidos	720,3	
2	Consumo de electricidad en el sector residencial	20 815
	Consumo de electricidad en el sector general	42 323
	Consumo de electricidad en el sector industrial	9 270
	Consumo electricidad por alumbrado público	1 252
	Total	820 295
	Incertidumbre	
	Límite Inferior	680 845
	Límite Superior	926 933

Fuente: Elaboración Propia (2017).

En el cuadro 7 se muestran las emisiones generadas por las fuentes móviles en las carreteras de San José, por GEI y tipo de vehículo, en el 2011. Las unidades que operan con gasolina como combustible generan un 59,3% de las emisiones totales atribuibles a las fuentes móviles. Si se determina la contribución por categoría de vehículo, se puede observar que

los automóviles livianos son los mayores emisores con un 48%, seguidos de los carga liviana con un 23% (Gráfico 1).

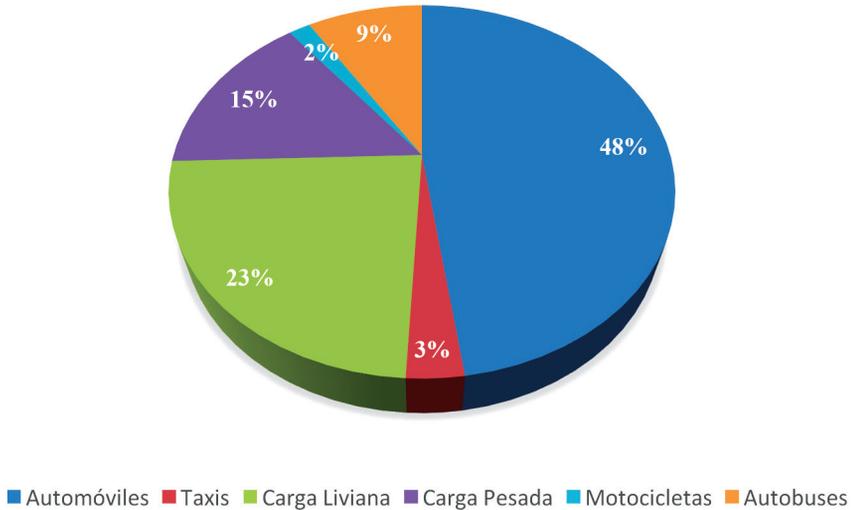
Cuadro 7. Emisiones de GEI generadas por las fuentes móviles que circulan en carretera en San José, 2011.

Categoría	Emisiones (Ton/año)							
	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		CO ₂ equiv	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
Automóviles	302 983	20 619	73,58	0,098	25,24	0,098	312 353	20 652
Taxis	17 071	3 617	2,98	0,019	2,03	0,019	15 277	3 623
Carga Liviana	68 335	94 505	16,49	0,16	4,72	0,16	70 143	94 557
Carga Pesada	1 003	103 359	0,14	0,32	0,09	0,24	1 032,3	103 349
Motocicletas	11 085	5,10	11,88	0,0055	0,89	0,0004	11 610	5,35
Autobuses	545,9	61 625	0,063	0,169	0,050	0,127	562,72	61 668
Total	401 022	283 730	105,12	0,765	33,02	0,639	410 978	283 944

Fuente: Elaboración propia (2017).

Un factor que es importante de considerar es la influencia que tiene la edad promedio del vehículo sobre las emisiones de GEI. Por ejemplo, un automóvil particular gasolina modelo del año emite en promedio 171,7 g de CO₂ por km recorrido en comparación con uno de 15 años que genera 212,4 g de CO₂ por km. Tal como se puede observar en el gráfico 2, una característica particular de la flota vehicular del cantón es la alta antigüedad promedio de sus unidades, por ejemplo para el caso de los automóviles particulares un 72,8% posee más de 10 años de edad.

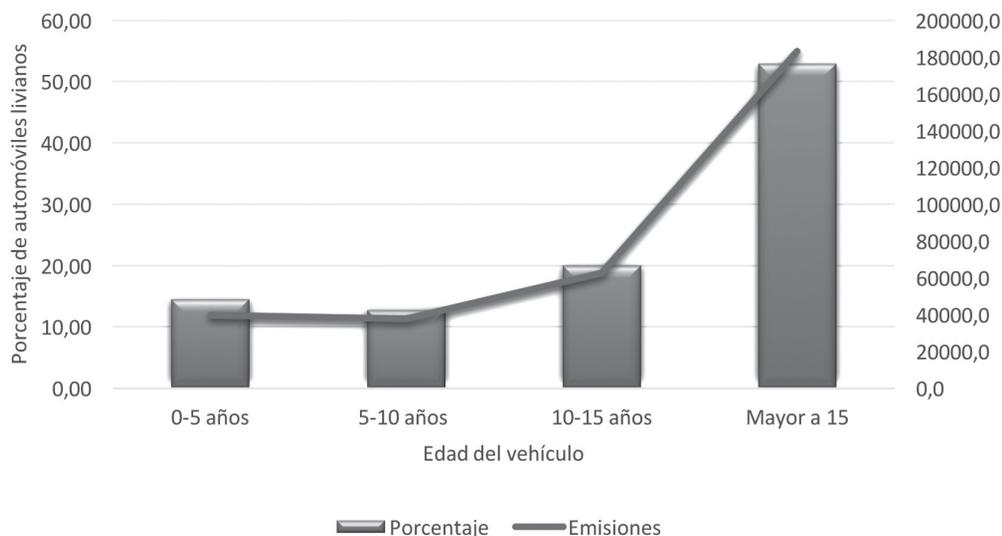
Gráfico 1. Distribución de las emisiones de GEI por categoría de vehículo para las fuentes móviles del cantón de San José



Fuente: Elaboración propia.

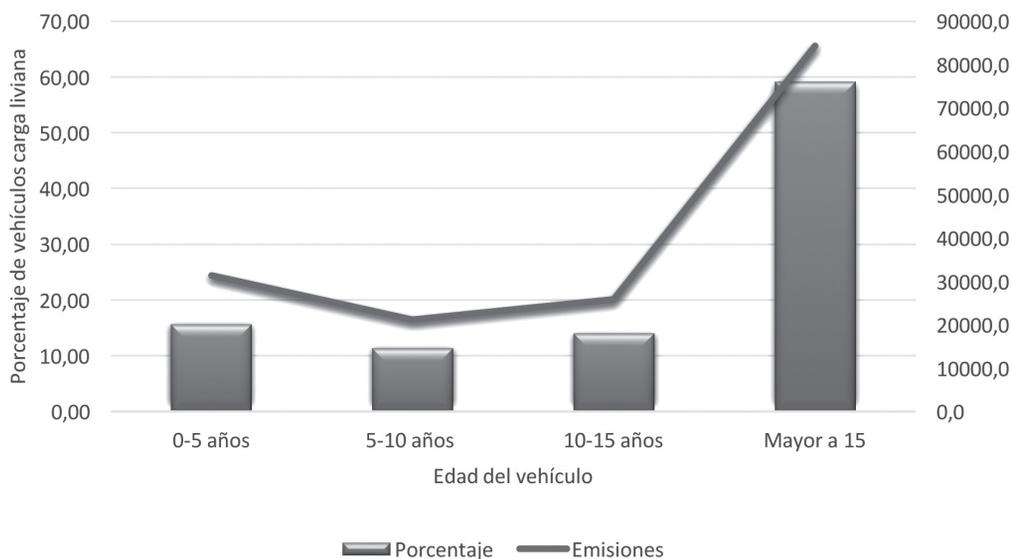
Para este mismo segmento, el 60% de las emisiones totales de CO₂ (183 301 Ton/año) son producidas por los automóviles con más de 15 años. Una situación similar se presenta con los carga liviana (Gráfico 3), donde el 59% de las unidades posee más de 15 años siendo responsables de la emisión de 84 355 de CO₂ Ton/año. La normativa internacional para vehículos nuevos exige una durabilidad de al menos 80 000 km, lo que en promedio equivale a 5 años de uso del vehículo con el mantenimiento recomendado. Después de este periodo el fabricante no garantiza el cumplimiento de los niveles de emisión y el rendimiento del combustible declarado.

Gráfico 2. Aporte a las emisiones de GEI generadas por automóviles según su edad.



Fuente: Elaboración propia (2017).

Gráfico 3. Aporte a las emisiones de GEI generadas por vehículos de carga liviana según su edad.



Fuente: Elaboración propia (2017).

La figura 2 muestra un mapa donde se presentan simultáneamente dos variables, la primera es la emisión total de GEI total por distrito, la segunda representa la cantidad de viviendas existentes en cada uno de ellos. En el mapa se evidencia que la producción total de GEI está estrechamente relacionada con la cantidad de viviendas. Obsérvese el caso de Pavas, es el distrito con mayor cantidad de viviendas (19 736), tal como lo muestra la figura, así mismo puede observarse que dicho distrito es el que mayor cantidad de GEI emite, seguido de Uruca, Hatillo y San Sebastián, todos ellos distritos al sur del cantón de San José. Cabe resaltar que en los distritos como Carmen, Merced, Catedral, Hospital y Mata Redonda la emisión de GEI disminuye significativamente y se debe a que es la zona donde se ubica espacialmente el principal casco central comercial del cantón.

Cuadro 8. Emisiones de GEI (Ton/año) generadas en el sector residencial del cantón de San José.

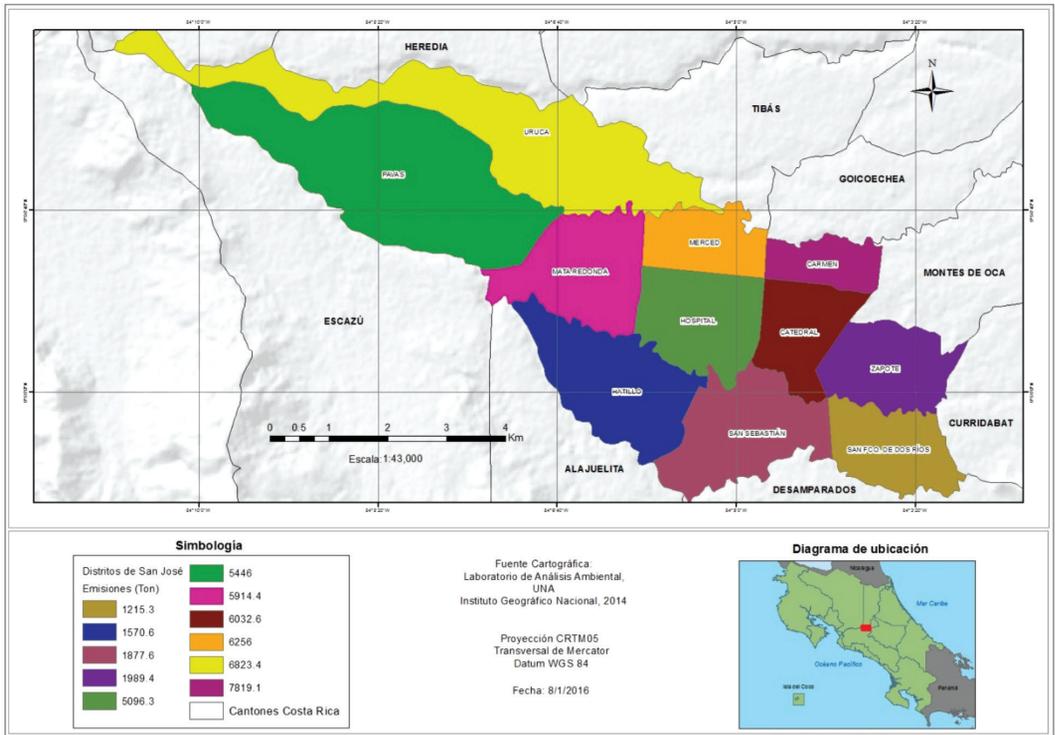
Fuente	Número de viviendas	Consumo eléctrico	Consumo combustibles fósiles	Tratamiento de Aguas Residuales	Generación de Residuos Sólidos
Distrito					
Carmen	1 261	457	85,6	29,0	9,1
Merced	4 047	920	417	171	31,9
Hospital	5 622	1 148	572	238	45,0
Catedral	5 060	1 203	441	102	34,2
Zapote	6 351	1 668	422	263	48,9
San Francisco	6 840	1 864	375	242	50,5
Uruca	8 774	1 634	2 347	1 741	69,9
Mata Redonda	3 321	1 598	265	174	24,2
Pavas	19 736	4 658	2 426	510	198
Hatillo	14 457	3 003	1 346	280	118
San Sebastián	11 904	2 662	1 138	636	90,2
Total	87 373	20 815	9 873	4 386	720

Fuente: Elaboración propia (2017).

El sector comercial del cantón de San José generó un total de 49 997 Ton/año, representando un 6,1% de las emisiones de GEI producidas en el 2011. Dentro de este segmento la principal fuente de emisión (cuadro 9) es el consumo de electricidad (84,7%), seguida del uso de combustibles

(8,5%). El comercio ubicado en los distritos de Uruca, Carmen y Catedral concentra el 41% de las emisiones de GEI.

Figura 3. Emisiones de GEI generadas en el sector comercial del cantón de San José, según distrito.



Fuente: Elaboración propia (2017).

En la figura 2 se logra observar que geográficamente en el sector comercial distritos que emitan mayor cantidad de GEI se encuentran localizados principalmente al norte del cantón de San José (Carmen, Uruca, Merced y Catedral), con 7819, 6823, 6256 y 6032 respectivamente. El uso del suelo que caracteriza dichos distritos es el uso comercial, donde se desarrollan actividades como hotelería, restaurantes, pulperías, carnicerías, bancos, cines, teatros, entre otros.

En el cuadro 9 se muestran que las emisiones generadas por el uso de refrigerantes en sistemas de aire acondicionado, congeladores y

refrigeradoras a nivel comercial representan 1 348 Ton/año. Los HFC son sustancias químicas que sólo contienen hidrógeno, carbono y flúor. Antes de la entrada en vigencia del Protocolo de Montreal, los únicos HFC producidos eran el HFC-152a y el HFC-23. El HFC-134a entró en producción en 1991 y desde entonces se han introducido una variedad de otros HFC, los cuales están siendo utilizados actualmente como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (IPCC, 2006). Dentro del sector comercial, los hoteles, moteles y apartamentos son los principales contribuidores con 283,5 ton CO₂ eq.

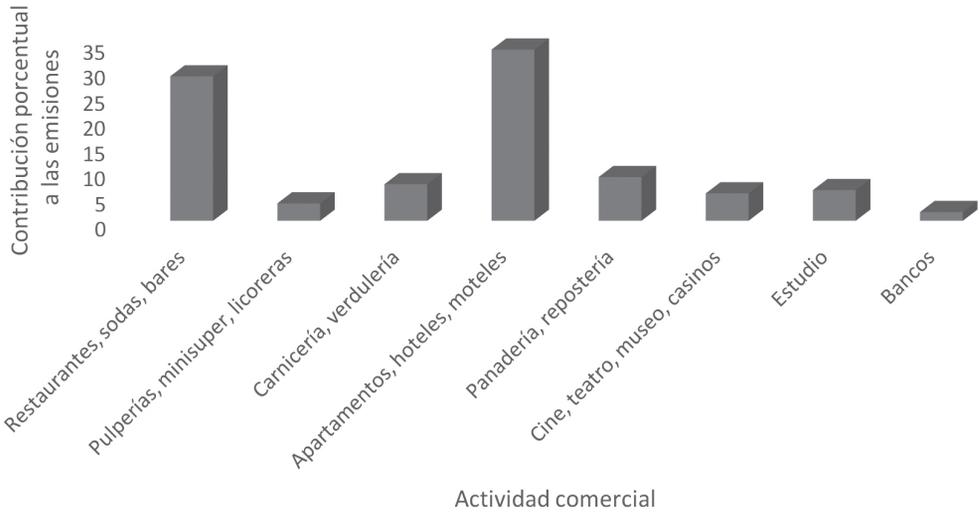
Cuadro 9. Emisiones de GEI (Ton/año) generadas en el sector comercial del cantón de San José

Fuente	Consumo eléctrico	Consumo combustibles fósiles	Tratamiento de Aguas Residuales	Generación de Residuos Sólidos	Extintores	Sistemas que utilizan refrigerantes
Distrito						
Carmen	5095	1851,3	406,3	48,4	7,5	410,6
Catedral	5591	241,8	37,3	50	11,8	100,7
Hatillo	1158	332,8	22,8	5,1	4,2	47,7
Hospital	4786	146,8	5,1	64,1	12,6	81,7
Mata Redonda	5565	68,2	7,0	13	5,5	255,7
Merced	5322	188	512,8	39,5	10,6	183,1
Pavas	4594	667,9	114,4	16,7	7,6	45,4
San Francisco	890	205,1	47,6	12,3	4,9	55,4
San Sebastián	1563	175,1	55,1	11,9	5,3	67,2
La Uruca	6074	214,7	433,4	39,1	5,4	56,8
Zapote	1685	163,3	39,5	8,7	4,9	43,9
Total	42323	4255	1681	308,8	80,3	1348

Fuente: Elaboración Propia (2017).

Las actividades comerciales que más emisiones generan en el cantón son el hospedaje (hoteles, moteles y apartamentos) con 33,8%, la alimentación (restaurantes, sodas, bares) 28,6%, panaderías 8,6% y carnicerías 7,2% (Gráfico 4).

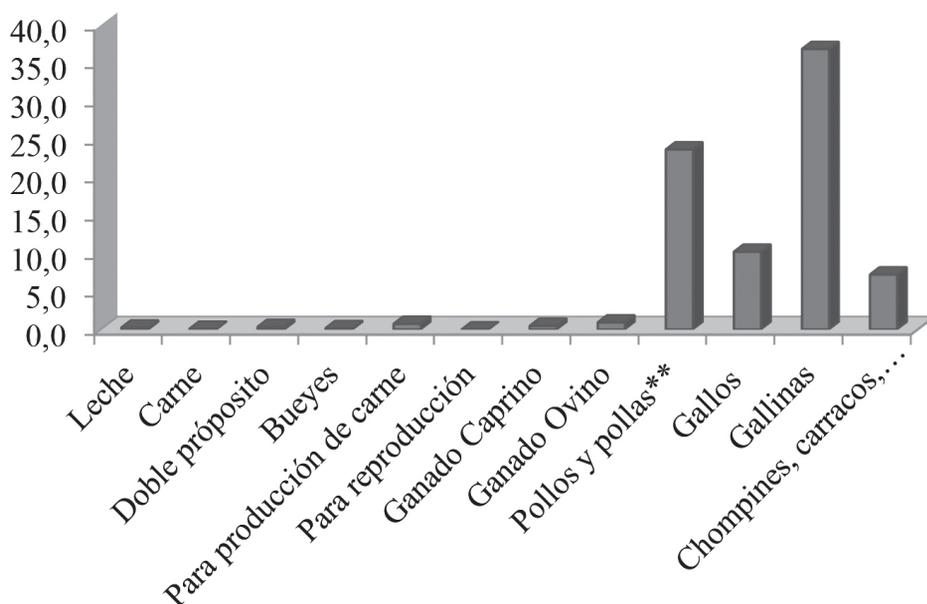
Gráfico 4. Distribución de las emisiones de GEI generadas en el sector comercial del cantón de San José, por tipo de actividad.



Fuente: Elaboración propia (2017).

La cantidad de fincas en el Cantón Central de San José es escasa, y por ende las emisiones por el sector pecuario son relativamente bajas en comparación al resto de categorías. La fermentación entérica se produce por la digestión en los distintos estómagos de los rumiantes, por lo que se genera metano y dióxido de carbono. En general, el ganado vacuno produce más emisiones por fermentación entérica, mientras que la población avícola es mayoritariamente emisora en la gestión de estiércol. En el gráfico 5 puede observarse que la cantidad de emisiones por fermentación entérica alcanza un valor de 3,4 ton CO₂ eq, siendo el ganado vacuno destinado a doble propósito el componente mayoritario. Por otro lado, la gestión de estiércol genera emisiones de 0,89 ton provenientes del metano y 85,4 ton provenientes del N₂O, de las cuales las gallinas son las que elevan esta cantidad con un aporte de 36,5 ton.

Gráfico 5. Toneladas de CO2 equivalente según el tipo de actividad pecuaria en el cantón central de San José, 2011.



Fuente: Elaboración propia (2017).

Las emisiones de las fuentes fijas se derivan de la combustión para la generación de energía en las industrias, estas van a depender de la calidad de los combustibles utilizados, de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento del equipo y de la presencia de equipo de control al final del proceso (filtros, precipitadores y lavadores, entre otros). Los operadores de estas fuentes deben presentar reportes operacionales al Ministerio de Salud, donde se incluye información acerca de la cantidad de combustible utilizado, el horario de operación y la concentración de dióxido de carbono.

Las emisiones generadas por este tipo de fuentes contabilizaron un total de 11 505,5 ton eq de CO₂, las cuales se concentran mayoritariamente en los distritos de Hospital y Mata Redonda (Cuadro 10).

Cuadro 10. Distribución de las emisiones producidas por fuentes fijas en el cantón central de San José, 2011.

Distrito	Emisiones (Ton CO2 eq)
Carmen-Merced-Uruca	2136,5
Hatillo	28,7
Pavas	298,2
Hospital-Mata Redonda	9042,1
Total	11 505,5

Fuente: Elaboración propia (2017).

Conclusiones

En cuanto a la distribución de energía, el sector comercial emite mayor cantidad de emisiones que el sector residencial, y que incluso el sector industrial. En este último, es posible determinar que los distritos que más emisiones generan en este aspecto son La Uruca y Hospital. Además, se observa que las emisiones producto de la generación de energía por alumbrado público son mínimas en comparación a las demás fuentes.

Los refrigerantes son de gran importancia debido a que su potencial de calentamiento global es alto. Los sistemas de refrigeración y congelación emiten mayor cantidad en distritos como Carmen, Merced, Hospital y Catedral, destacados por su gran actividad comercial de consumo inmediato por ejemplo, comidas.

Los combustibles de cocción alternos al uso de la electricidad como GLP y queroseno generan emisiones altas en el sector residencial, en cuanto al sector comercial y público el valor de emisiones es menor y el distrito con aportes mayores al 50% de las emisiones es el distrito Carmen.

El sector agropecuario produce emisiones relativamente bajas en el cantón central de San José, al tener casi nula producción de ganado y escasa cantidad de ganadería avícola distribuida las emisiones no son significativas.

Las fuentes fijas emiten gran cantidad de toneladas de CO₂, sobre todo en los distritos de Hospital-Mata Redonda.

El inventario cantonal determina que el principal reto para la reducción de emisiones se centra en las fuentes móviles, donde se hace vital la renovación de la flota vehicular con la incorporación de estándares de eficiencia energética que permitan el mayor rendimiento posible con la menor generación de emisiones. Adicionalmente, el municipio debe trabajar

con el gobierno central en el desarrollo de una propuesta que permita el fortalecimiento de opciones reales de transporte público, que permitan la movilización masiva de personas cumpliendo con estándares ambientales y desincentivando el uso de vehículos particulares.

Agradecimientos

Los autores reconocen el valioso aporte realizado por la Municipalidad de San José, sin el cual no se podría haber desarrollado el presente estudio.

Referencias

- IPCC. (2000). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios Nacionales de gases de efecto invernadero. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.htm
- IPCC (2006). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Instituto para las estrategias ambientales globales, Francia.
- IPCC (2013). IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change, 2013. (AR4). Recuperado de: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml.
- Moss, J., Lambert, C. & Rennie, A. (2008). SME application of LCA-based carbon footprints. *International Journal of Sustainable Engineering*, 1(2), 132–141.
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. (2009). Estrategia Nacional de Cambio Climático.
- Peters, G. & Hertwich, E. (2008). Post-Kyoto greenhouse gas inventories: production versus consumption. *Climatic Change*, 86, 51-66.
- SEDEMA. (2013). Registro de emisiones de gases efecto invernadero del Distrito Federal, 2012. Gobierno del Distrito Federal.
- Pulles, T, Kok, H, Quass, U. (2006) Application of the emission inventory model TEAM: Uncertainties in dioxin emission estimates for central Europe. *Atmospheric Environment* 40, 2321-2332.
- Wang, Z. & Wang, C. (2015) How carbon offsetting scheme impacts the duopoly output in production and abatement: analysis in the context of carbon cap-and-trade. *Journal of Clean Production* 103, 715-723.

Jorge Herrera-Murillo, José Félix Rojas-Marín, Andrea Quirós-Fallas, Carolina Balma-Montero, Deivis Anchía-Leitón. Greenhouse gas emissions inventories as a tool that supports the climate change local agenda: San Jose experience

Wiedmann, T. (2009). A Definition of Carbon Footprint. Durham, UK, ISAUK Research & Consulting.

World Resources Institute. (2014). GHG: Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories.

Municipalidad de San José. (2011). Diagnóstico Cantonal 2011. Observatorio Municipal. San José, Costa Rica.

INTERPRETACIÓN DE LOS SISMOS PEQUEÑOS Y MODERADOS BAJO EL VOLCÁN IRAZÚ

INTERPRETATION OF SMALL TO MODERATE SEISMICITY UNDER IRAZÚ VOLCANO

Montserrat Cascante-Matamoros¹

Hernán Porrás-Espinoza²

Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

RESUMEN

El volcán Irazú históricamente ha presentado sismicidad volcánico-tectónica esporádica. A partir de esta actividad sísmica hemos calculado un total de 7 mecanismos focales utilizando la polaridad de primeros arribos. Además, hemos realizado la inversión de esfuerzos utilizando el método PTB. Los resultados indican que la actividad sísmica se produce a profundidades entre 0-6 km en el flanco Oeste del macizo volcánico. Los mecanismos focales muestran una cinemática variada, los ángulos de los planos tienen una media de 55° y la dirección de inclinación es hacia el Sur Oeste Oeste. La inversión de esfuerzos sugiere una extensión pura con un valor de $R' = 0,5$. La profundidad donde ocurren los eventos sísmicos y el ángulo medio de los planos nos hace suponer que el límite dúctil-frágil se encuentra por encima de lo teóricamente establecido. Nosotros planteamos que la fuente sísmica bajo el volcán Irazú está directamente relacionada con la presencia de magma cerca de la superficie, el cual produce adelgazamiento de la corteza y fallamiento normal asociado.

Palabras clave: volcán Irazú, sismicidad, mecanismos focales, fallas normales.

1 Maestra (Universidad de Chile). Observatorio vulcanológico y sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: monserrat.cascante.matamoros@una.cr

2 Maestro (Universidad de Chile). Observatorio vulcanológico y sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: porrashernan@gmail.com

Fecha de recepción: 26 de agosto de 2016
Fecha de aceptación: 19 de setiembre de 2016

ABSTRACT

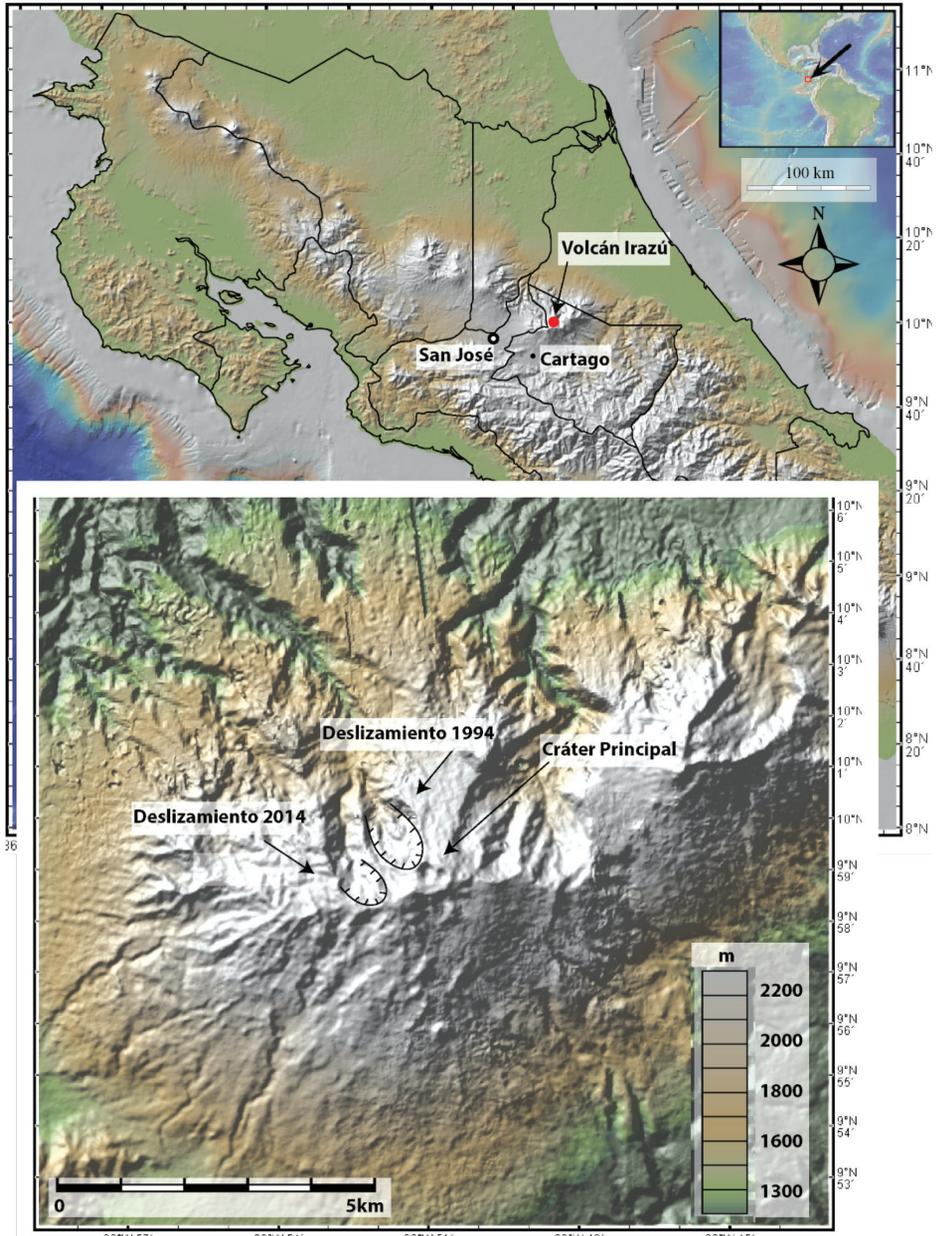
Historically, Irazú volcano has experienced sporadic volcano-tectonic seismicity. Based on this seismic activity, we have calculated a total of 7 focal mechanisms using the polarity of first arrivals, and have calculated stress inversion using the PTB method. The results indicate that the seismic activity is between 0-6 km deep, mainly in the W flank of the volcanic massif. Focal mechanisms show a diverse cinematics, the angles of the planes have an average of 55°, and the direction of inclination is toward the SWW. Stress inversion suggests a pure extension with a value of $R' = 0,5$. Therefore, the depth of the seismic events and the average angle of the planes makes us suppose that the brittle-ductile transition is above the one theoretically established. We suggest that the seismic source under the Irazú Volcano is directly related to the presence of magma near the surface, which causes the thinning of the crust and the related normal faults.

Keywords: Irazú volcano, seismicity, focal mechanism, normal faults.

Introducción

El Irazú es un volcán escudo complejo de forma subcónica irregular, es el más alto de Costa Rica (3432 m.s.n.m) y se encuentra al NorEste de la ciudad de Cartago (Figura 1; Alvarado, 2011). Durante los últimos 50000 años el Irazú ha producido flujos de lava, erupciones de tipo estromboliano y freatomagmáticas, aunque no hay evidencia de erupciones plinianas en los últimos 11000 años (Alvarado y Schminke, 2013). Erupciones prehistóricas se han registrado en los años 640 a.C., 429 d.C., 686 d.C., 794 d.C., 1112 d.C. y 156 d.C. (Clark, et al., 2006) datadas por el método de radiocarbono (^{14}C). También existen registros históricos de actividad reciente e importante como la erupción reportada en 1723 y durante el siglo 20 (1917-1921, 1924, 1928, 1930, 1933, 1939-40 y 1963-65) (e.g. Alvarado, 1993, Alvarado et al., 2006). Las rocas del volcán Irazú son principalmente basaltos y andesitas que se superponen a ignimbritas dacíticas (Krushensky, 1972).

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio elaborado por los autores.



Fuente: Modelo de elevación digital GeoMapApp (Ryan et al., 2009).

Al NorOeste del cráter principal, se encuentra un sector geológicamente inestable conocido como “las fumarolas” (Ulloa et al., 2013), la cual es una zona de intensa alteración hidrotermal, donde en diciembre de 1994 (Figura 1) se dio una supuesta explosión freática y un deslizamiento (Fernández et al., 1994; Barquero et al., 1995). El 17 de diciembre del 2014 se registró un deslizamiento al lado Oeste de la cima del volcán Irazú (Figura 1), el cual continúa activo (Pacheco et al., 2015).

Desde la última erupción a principios de 1960, el Volcán Irazú ha presentado sismicidad volcano-tectónica esporádica. El OVSICORI-UNA ha registrado este tipo de actividad desde 1984, con los inicios de la red sísmica. Alvarado y Schmincke (2013) con base en la actividad sísmica sugieren una fuente poco profunda (<15 km) con una intensidad máxima MM (escala Mercalli Modificada) de VI en la ciudad de Cartago y posible VII hacia el Volcán Irazú. Ellos sostienen que el mayor terremoto volcánico-tectónico podría haber tenido un ML ~ 4,8-5.

Durante el periodo comprendido entre el 2006-2016 han ocurrido una serie de enjambres sísmicos, con magnitudes menores a los 4,1 ML, planteando la pregunta de si esta actividad se debe a fallamiento local o al ascenso del magma. En este trabajo, vamos a evaluar desde el punto de vista cinemático y dinámico los sismos relacionados al Volcán Irazú y discutir sobre la posible fuente sismogénica que los origina. Asimismo, comprender el mecanismo que genera la ruptura de la roca es importante para la interpretación de la dinámica interna y externa del macizo volcánico.

Metodología

Con fin de comparar cualitativa y cuantitativamente el campo de deformación inferido de las observaciones sísmicas, nosotros analizamos un total de 7 mecanismos focales elaborados a partir de la polaridad de los primeros arribos con un mínimo de 20 asociaciones, en el programa SEISAN. De este modo, se obtiene un conjunto final de mecanismos focales entre 2012 y 2015 con magnitudes locales (ML) que abarcan desde 1,9 hasta 4,1 (Tabla 1).

Tabla 1. Sismos utilizados en la inversión de esfuerzos cinemáticos y dinámicos.

ID	Fecha	latitud	longitud	profundidad	magnitud	dirección	inclinación	deslizamiento
1	18 julio 2015	9.965	-83.868	-1.9	3.2	143.5	55.2	-83.9
2	18 julio 2015	9.975	-83.868	-1.9	3.2	287.1	55.6	77.8
3	25 julio 2015	9.976	-83.87	-3.6	2.9	176	48.4	-48.1
4	5 mayo 2012	9.963	-83.857	-4.1	2.8	233	28	43.2
5	18 julio 2015	9.966	-83.874	-5.1	3.2	9.1	42.3	-52.9
6	26 mayo 2015	9.961	-83.889	-5.3	4.1	71.2	85	-8.7
7	4 marzo 2012	9.967	-83.854	-8.8	1.9	73.7	26.8	-67.3

Fuente: catálogo sísmico OVSICORI-UNA (2017).

Para calcular el tensor de esfuerzos, nosotros asumimos que la dirección de deslizamiento sísmico ocurre en la dirección de máximo esfuerzo de cizalla (hipótesis de Wallace Bott, Bott, 1959). Utilizamos el método de inversión PBT, que determina el tensor de máxima presión, máxima tensión y el tensor intermedio (B) para la generación de un plano de falla (Zoback, 1992).

Este método de inversión es capaz de determinar los tres parámetros que reducen el tensor de esfuerzos (σ_1 , σ_2 , σ_3) y la relación de aspecto (*aspect ratio*, R) donde; $R = (\sigma_1 - \sigma_2)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ con $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ (Carey y Brunier, 1974; Angelier, 2002; Gephardt y Forsyth, 1984). El tipo de régimen de estrés puede ser expresado numéricamente usando un índice R' de 0 a 3 (Delvaux et al., 1997)

$R' = R$ cuando σ_1 es vertical (régimen de estrés extensional).

$R' = 2 - R$ cuando σ_2 es vertical (régimen de estrés desplazamiento de rumbo).

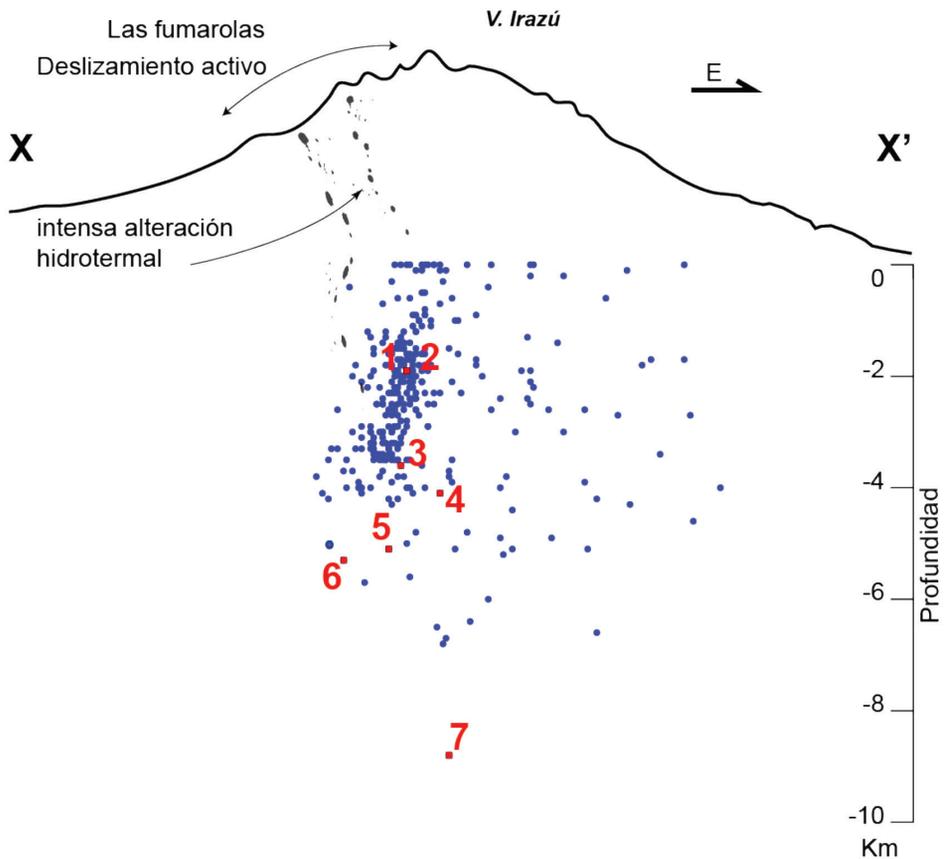
$R' = 2 + R$ cuando σ_3 es vertical (régimen de estrés compresional).

Resultados

Desde el año 2006 se han registrado un total de 320 eventos sísmicos bajo el Volcán Irazú. Estos eventos se concentran principalmente en el flanco Oeste (Figura 2) y se dispersan hacia el flanco Este del volcán. En profundidad estos sismos se ubican entre los 0-6 km y tienden a formar un

alineamiento con inclinación hacia el Oeste. A partir de la distribución de sismos (figura 2), se infiere que el patrón de deformación no es uniforme en todo el Volcán Irazú.

Figura 2. Perfil topográfico del Volcán Irazú. La figura muestra la sismicidad registrada desde el año 2006 bajo este volcán. Los sismos en rojo representan los eventos con mecanismo focal calculado. La numeración representa el ID en la tabla 1.

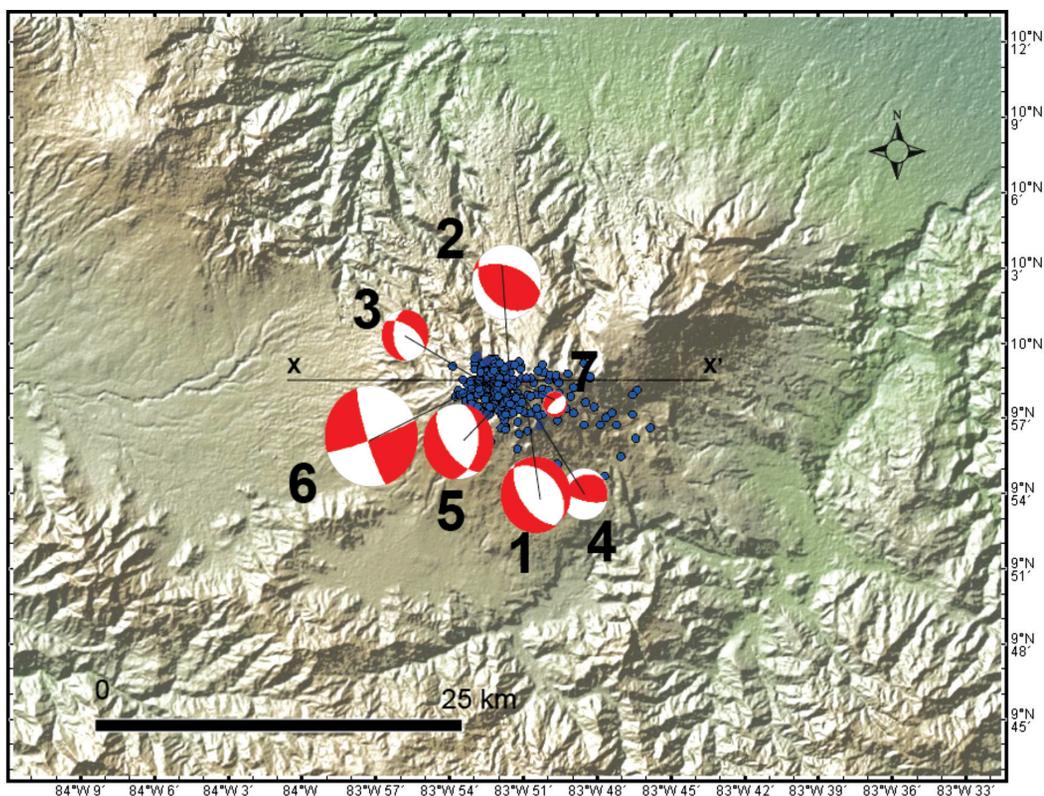


Fuente: Elaborado por los autores (2017).

La cinemática observada en los mecanismos focales se caracteriza por un fallamiento normal y poco deslizamiento en la componente de

rumbo. Se han obtenido además dos eventos con una marcada componente inversa a profundidades de 1,9 y 4,1 km (Figura 3).

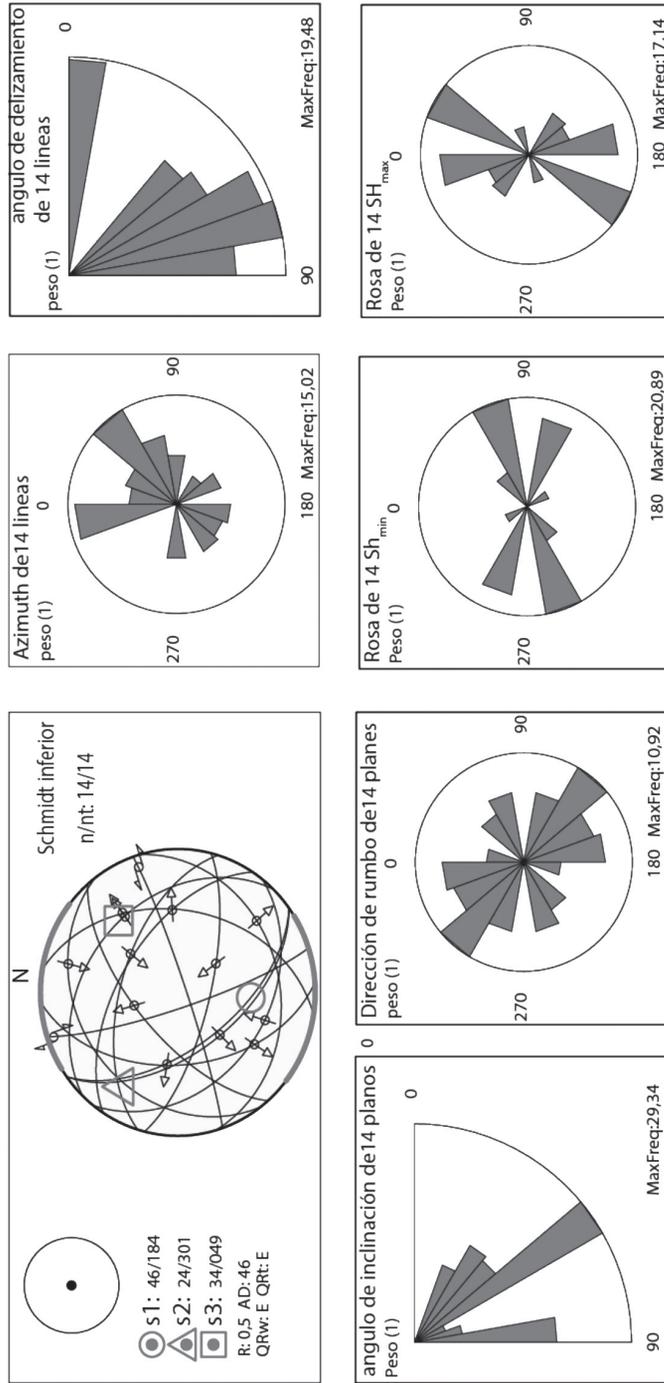
Figura 3. Mecanismos focales calculados en el Volcán Irazú. La numeración representa el ID de la tabla 1. x-x' es la línea e perfil en la figura 2



Fuente: Modelo de elevación digital: GeoMapApp (Ryan et al., 2009); catalogo sísmico: OVSICORI-UNA.

La dirección de rumbo predominante para todos los eventos analizados es NorOeste-SurEste con un azimuth cercano al NorNorEste y un ángulo de inclinación de 60° (Figura 4). Los ángulos de inclinación de los planos de falla son moderados, entre los 60° y 30° con una media en 55° . Se observan dos tendencias muy cercanas entre sí para el esfuerzo horizontal máximo (SH_{max}) en dirección NorEsteEste-SurOesteOeste, perpendicular a la dirección de rumbo y paralelo a la inclinación (Figura 4).

Figura 4. Inversión de esfuerzos mediante la técnica PBT, muestra la dirección de los ejes de los esfuerzos principales. Se incluyen los diagramas de rosas para el azimuth, ángulo de deslizamiento, ángulo de inclinación, dirección de rumbo y dirección del Sh_{min} y SH_{max} para los mecanismos focales analizados.



Fuente: Elaborado por los autores (2017).

Los resultados de la inversión de estrés revelan que las orientaciones de los ejes principales son sub-vertical para σ_1 y cerca de la horizontal para σ_2 y σ_3 . La solución obtenida muestra un sistema de extensión radial en dirección NorEste-SurOeste. El eje σ_2 corresponde al esfuerzo SH_{\max} en dirección $28^\circ/304^\circ$ con un valor de $R' = 0,5$ (Figura 4).

Discusión

Los sismos bajo un edificio volcánico pueden reflejar ya sea, la fracturación hidráulica (si la presión del fluido supera el esfuerzo principal) o deslizamiento sobre las fracturas preexistentes desencadenadas por la reducción de la tensión normal efectiva resultante de un aumento de la presión del fluido (Shelly y Hill, 2011). Esta presión de fluidos estaría asociado con las variaciones en la permeabilidad proporcionada por fracturas en la parte superior del Volcán Irazú. Una consecuencia de esta migración de fluidos se puede observar al NorOeste del Volcán Irazú, en las “fumaro-las” (Ulloa et al., 2013, Figura 2), donde se han presentado zonas de deslizamientos y alteración hidrotermal importante, lo cual ha generado una perturbación del sistema cercano al volcán. Nuestros datos muestran que la dirección del eje de esfuerzos horizontal mínimo ($Sh_{\min} = \sigma_3$ para sistemas extensionales), donde se da la extensión, es en dirección NorEsteEste-SurOesteOeste. Justo en el sector Oeste, conocido como las “torres” se ha reactivado un deslizamiento desde el 2014 (Pacheco et al., 2015) que ha afectado la dinámica externa del volcán (Figura 2). Este deslizamiento puede atribuirse a la dilatación positiva generada en un sistema extensivo (Allmendinger et al., 2007).

Por otro lado, el análisis cinemático muestra los tres tipos posibles de movimientos dentro del mismo enjambre sísmico. Los ejes de esfuerzos principales ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) mantienen magnitudes relativas muy cercanas entre sí. Esta simetría entre los esfuerzos es bien representada en el valor R' de 0.5. Esto sugiere que la zona se encuentra bajo una fuerte presión de fluidos, lo cual facilita la permutación de esfuerzos locales (Figura 4).

La inversión de esfuerzos revela un sistema de extensión pura, el cual se caracteriza por un régimen de fallamiento normal y se define por un máximo esfuerzo de compresión principal en la vertical (Anderson, 1951). Las fallas normales activas comúnmente tienen altas inclinaciones cerca de la superficie y son cada vez más suaves en profundidad conforme

se acercan al límite frágil-dúctil, produciendo una geometría lítrica (Yamada y McClay, 2003). Las inclinaciones entre 70° - 90° son comunes en la corteza superior quebradiza (aprox. 0-2 km) en una variedad de rocas incluyendo tobas (Day et al., 1998), basaltos (Opheim y Gudmundsson, 1989; Angelier et al., 1997; Dauteuil et al., 2001), calizas (Ferrill y Morris, 2003; Ferrill et al., 2004), y las rocas sedimentarias clásticas (Walsh y Watterson, 1988). Las inmersiones de 60° son comunes a una profundidad de 2-5 km, e inclinaciones de 35° - 55° son comunes en la parte inferior de la corteza quebradiza (aprox. > 5 km; Jackson y White, 1989; Colletini y Sibson, 2001).

Nuestros mecanismos focales muestran los posibles planos de falla con inclinaciones entre 35° - 55° , lo cual sugiere que se encuentran en la parte inferior de la corteza quebradiza. Por otro lado, los sismos desde los cuales obtuvimos los mecanismos focales se encuentran en su mayoría entre los 0 y 5,3 km de profundidad (Tabla 1). Esto nos hace suponer que el límite frágil-dúctil se encuentra por encima de lo teóricamente establecido.

La profundidad del límite frágil-dúctil bajo un edificio volcánico puede estar controlado por la presencia de un cuerpo magmático (Buck et al., 2006). La influencia de un cuerpo magmático adelgaza la litósfera, la cual se vuelve más caliente y por lo tanto más débil (Kusznir y Park, 1984). A medida que progresa el afinamiento de la litósfera y de la corteza por ascenso del magma, la zona de transición frágil-dúctil se torna somera (Kusznir y Park, 1987; Reston y Pérez-Gussinyé, 2007). Esta variación en la profundidad del límite frágil-dúctil favorece la deformación frágil en vez de deformación plástica o reptaje (*creep*) de las rocas generando extensión. Los procesos por los cuales se acomoda la extensión generada son básicamente dos: fallamiento normal y magmatismo (Hayward y Ebinger 1996; Wright et al. 2006; Rowland et al. 2007).

Por lo tanto, la sismicidad registrada bajo el Volcán Irazú es originada por la presencia de un cuerpo magmático somero que adelgaza la corteza y la torna quebradiza, facilitando así el fallamiento normal. Una consecuencia externa directa de la actividad sísmica del volcán son la fumarolas y los deslizamientos ubicados en el sector Oeste, los cuales se originan en un sector dominado por un régimen extensivo.

Conclusiones

Los mecanismos focales de los sismos que han tenido lugar en el Volcán Irazú se han determinado mediante el análisis de las polaridades de las ondas P de sismogramas regionales. Los principales resultados de un conjunto de datos de 7 soluciones focales fiables son:

1. Los sismos se caracterizan por un mecanismo de fallamiento normal e inverso con moderados ángulos de inmersión (35° - 55°) y pequeños componentes de rumbo. Las profundidades de todos los terremotos analizados se encuentran en el rango de 1-6 km.
2. Los resultados del análisis cinemático revelan una tendencia general de extensión NorEsteEste-SurOesteOeste para el flanco Oeste del Volcán Irazú.
3. La inversión dinámica a partir de los datos de mecanismos focales muestran que el campo de esfuerzos actual se caracteriza por un régimen extensional ($R' = 0,5$) y una dirección horizontal de extensión (Sh_{min}) cercana al NorEsteEste-SurOesteOeste. Las orientaciones de los ejes principales de esfuerzos son σ_1 vertical y horizontal para σ_2 y σ_3 .
4. La fuente sismogénica bajo el Volcán Irazú está asociada a la presencia de un cuerpo magmático cercano a la superficie que produce una somerización del límite frágil-dúctil generando una corteza adelgazada y quebradiza que favorece el fallamiento normal.

Referencias

- Allmendinger, R., Reilinger, R. y Loveless, J. (2007). Strain and Rotation Rate from GPS in Tibet, Anatolia, and the Altiplano. *Tectonics*, 26(TC3013), 1-18. doi:10.1029/2006TC002030.
- Alvarado, G. E. (1993). *Volcanology and Petrology of Irazú Volcano, Costa Rica*. Kiel: Univ. Kiel.
- Alvarado, G. E. (2011). *Los volcanes de Costa Rica: Geología, historia, riqueza natural y su gente*. San José: EUNED.
- Alvarado, G. E., y Schmincke, H. U. (2013). The 1723 A.D. Violent Strombolian and Phreatomagmatic Eruption at Irazú Volcano, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 48, 41-61.
- Alvarado, G. E., Carr, M., Turrin, B., Swisher, C., Schmincke, H., y Hudnut, K. (2006). Recent volcanic history of Irazú volcano, Costa Rica: Alternation

- and mixing of two magma batches, implying at least two intracrustal chambers. En Rose, W., Bluth, G., Carr, M., Ewert, J., Patino, L., y Vallance, J. *Natural Hazards in Central America*, 412, pp. 259-276. Geological Society of America Special Paper. doi:10.1130/2006.2412(14).
- Anderson, E. M. (1951). *The Dynamics of Faulting, Etc. (Revised.)*. Edinburgh, London.
- Angelier, J. (2002). Inversion of earthquake focal mechanisms to obtain the seismotectonic stress IV - a new method free of choice among the nodal planes. *Geophysical Journal International*, 150, 588-609.
- Angelier, J., Bergerat, F., Dauteuil, O. y Villemin, T. (1997). Effective tension-shear relationships in extensional fissure swarms, axial rift zone of northeastern Iceland. *Journal of Structural Geology*, 19, 673-685. doi:10.1016/S0191-8141(96)00106-X.
- Barquero, R., Mora, M., Madrigal, L., Vargas, I., Arias, F. y Soto, G. (1995). Resumen anual de sismos y actividad volcánica en Costa Rica durante 1994. OVSICORI [Informe Interno].
- Bott, M. P. (1959). The mechanics of oblique slip faulting. *Geological Magazine*, 96, 109-117.
- Buck, R. W., Einarsson, P. y Brandsdóttir, B. (2006). Tectonic stress and magma chamber size as controls on dike propagation: Constraints from the 1975–1984 Krafla rifting episode. *Journal of Geophysical Research*, 111(B12404), 1-15. doi:10.1029/2005JB003879.
- Carey, E. y Brunier, B. (1974). Analyse théorique d'un modèle mécanique élémentaire appliqué à l'étude d'une population de failles. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 279, 891-894.
- Clark, S., Reagan, M., y Trimble, D. (2006). Tephra deposits for the past 2600 years from Irazú volcano, Costa Rica. En Rose, W., Bluth, G., Carr, M., Ewert, J., Patino, L., y Vallance, J. *Natural Hazards in Central America*, 412, pp. 225-234 Geological Society of America Special Paper. doi:10.1130/2006.2412(12).
- Collettini, C. y Sibson, R. H. (2001). Normal faults, normal friction? *Geology*, 29, 927-930. doi:10.1130/0091-7613(2001)0292.0.CO;2.
- Dauteuil, O., Angelier, J., Bergerat, F., Verrier, S. y Villemin, T. (2001). Deformation partitioning inside a fissure swarm of the northern Iceland rift. *Journal of Structural Geology*, 23, 1359-1372. doi:10.1016/S0191-8141(01)00002-5.

- Day, W. C., Dickerson, R. P., Potter, C. J., Sweetkind, D. S., San Juan, C. A., Drake, R. M. y Fridrich, C. J. (1998). Bedrock geologic map of the Yucca Mountain area, Nye County, Nevada. [Mapa]. Escala 1:24000. U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Series Map. Nevada, EE.UU. I-2627.
- Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Petit, C., Levi, K., Miroshnichenko, A., Ruzhich, V. y San'kov, V. (1997). Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, central Asia, Part 2. Cenozoic rifting. *Tectonophysics*, 282(1), 1-38.
- Fernández, E., Barquero, J., Barboza, V., Van Der Laat, R., Malavassi, E., Sáenz, R., Marino, T. y Martínez, M. (1994). Estado de los volcanes. *Boletín de Vulcanología. OVSICORI-UNA [Informe Interno]*.
- Ferrill, D.A. y Morris, A. P. (2003). Dilational normal faults. *Journal of Structural Geology*, 25, 183-196. doi:10.1016/S0191-8141(02)00029-9.
- Ferrill, D. A., Sims, D. W., Waiting, D. J., Morris, A. P., Franklin, N. y Schultz, A. L. (2004). Structural framework of the Edwards Aquifer recharge zone in south-central Texas. *Geological Society of America Bulletin*, 116, 407-418. doi:10.1130/B25174.1.
- Gephart, J. W. y Forsyth, D. W. (1984). An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: Application to the San Fernando earthquake sequence. *Journal of Geophysical Research*, 89, 9305-9320.
- Hayward, N. y Ebinger, C. (1996). Variations in the along-axis segmentation of the Afar rift system. *Tectonics*, 15, 244-257.
- Jackson, J. A. y White, N. J. (1989). Normal faulting in the upper continental crust: Observations from regions of active extension. *Journal of Structural Geology*, 11, 15-36. doi:10.1016/0191-8141(89)90033-3.
- Krushensky, R. D. (1972). *Geology of Istarú Quadrangle*. Washington D.C.: U.S. Geological Survey Bulletin, 1358.
- Kusznir, N. J., y Park, R. G. (1984). Intraplate lithosphere deformation and the strength of the lithosphere. *Geophysical Journal International*, 79(2), 513-538.
- Opheim, J. A. y Gudmundsson, A. (1989). Formation and geometry of fractures, and related volcanism, of the Krafla fissure swarm, north-east Iceland. *Geological Society of America Bulletin*, 101, 1608-1622. doi:10.1130/0016-7606(1989)1012.3.CO;2.

- Pacheco, J. P., Muller, C., Avard, G., Cascante, M. y Martínez, M. (2015). Estado de los volcanes. Boletín de Vulcanología. OVSICORI [Informe Interno].
- Reston, T. J. y Pérez-Gussinyé, M. (2007). Lithospheric extension from rifting to continental breakup at magma-poor margins: rheology, serpentinisation and symmetry. *International Journal of Earth Sciences*, 96, 1033-1046.
- Rowland, J., Baker, E., Ebinger, C., Keir, D., Kidane, T., Biggs, J., Hayward, D. y Wright, T. (2007). Fault growth at a nascent slow-spreading ridge: 2005 Dabbahu rifting episode, Afar. *Geophysical Journal International*, 171, 1226-1246.
- Ryan, W. F., Carbotte, S. M., Coplan, J. O., O'Hara, S., Melkonian, A., Arko, R., Weissel, R.A., Ferrini, V., Goodwillie, A., Nitsche, F., Bonczkowski, J. y Zemsky, R. (2009). Global Multi-Resolution Topography synthesis. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 10(Q03014), 1-9. doi:10.1029/2008GC002332.
- Shelly, D. R. y Hill, D. P. (2011). Migrating swarms of brittle-failure earthquakes in the lower crust beneath Mammoth Mountain, California. *Geophysical Research Letters*, 38(L20307), 1-6. doi:10.1029/2011GL049336.
- Ulloa, A., Campos-Fernández, C. S. y Rojas, L. (2013). Cueva los minerales, volcán Irazú, Costa Rica: descripción, mineralogía y origen. *Revista Geológica de América Central*, 48, 169-187.
- Walsh, J. J. y Watterson, J. (1988). Dips of normal faults in British Coal Measures and other sedimentary sequences. *Journal of the Geological Society, London*, 145, 859-873.
- Wright, T., Ebinger, C., Biggs, J., Ayele, A., Yirgu, G., Keir, D. y Stork, A. (2006). Magma-maintained rift segmentation at continental rupture in the 2005 Afar dyking episode. *Nature*, 422, 291-294.
- Yamada, Y. y McClay, K. (2003). Application of geometric models to inverted listric fault systems in sandbox experiments. Paper 1: 2D hanging wall deformation and section restoration. *Journal of Structural Geology*, 25(9), 1551-1560. doi:10.1016/S0191-8141(02)00181-5.
- Zoback, M. L. (1992). First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project. *Journal of Geophysical Research*, 97(B8), 11703-11728. doi:10.1029/92JB00132.

EVALUATION OF THE RECENT INTRAPLATE SEISMIC ACTIVITY ON COCHINOS BAY, CUBA

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA DE INTERIOR DE PLACA RECIENTE EN LA BAHÍA DE COCHINOS, CUBA

Mario Octavio Cotilla Rodríguez¹
Universidad Complutense de Madrid.
Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid

ABSTRACT

The geodynamic cells model to the Western Seismotectonic Unit of Cuba explains the occurrence of an intraplate earthquake (21.01.2015 / mb= 4.1 / h= 16 km / 22.216 N 81.422 W) in the Zapata Swamp – Cochinos Bay. The main seismic event is associated to the knot K8, Cochinos Bay, where two active faults (Cochinos and Surcubana) exist.

Keywords: Active fault, Cochinos Bay, Cuba, earthquake, intraplate seismicity

RESUMEN

El modelo de celdas geodinámicas para la Unidad Sismotectónica Occidental de Cuba explica la ocurrencia de un terremoto de interior de placa (21.01.2015 / mb= 4.1 / h= 16 km / 22.216 N 81.422 W) en la Ciénaga de Zapata – Bahía de Cochinos. El evento sísmico principal está asociado al nudo K8, Bahía de Cochinos, donde dos fallas (Cochinos y Surcubana) existen.

Palabras clave: Bahía de Cochinos, Cuba, falla activa, terremoto, sismicidad de interior de placa

1 Doctor en Ciencias Física, y Profesor del Departamento de Geofísica y Meteorología, Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. macot@ucm.es

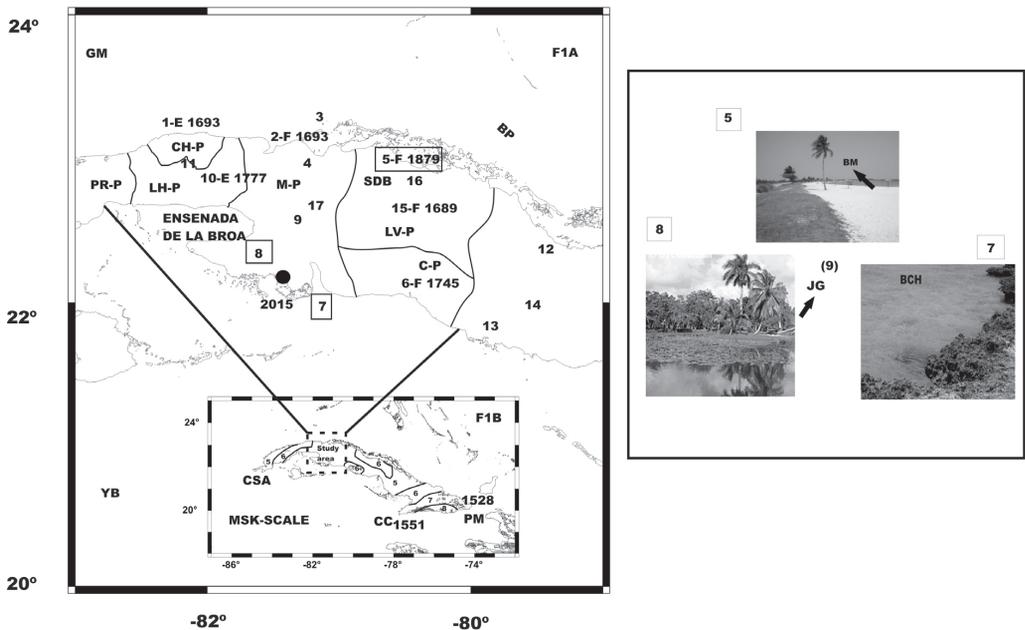
Fecha de recepción: 15 de junio de 2016
Fecha de aceptación: 19 de setiembre de 2016

Introduction

On 21.01.2015 (04:07:13 hours) an earthquake ($m_b = 4.1 / h = 16 \text{ km} / 22.216 \text{ N } 81.422 \text{ W}$, USGS data) shook mainly the southern of the Matanzas province, Cuba (Figure 1). The epicenter is located in the surrounding of the Zapata Swamp [ZS] and Cochinos Bay [CHB]. It was perceptible ($\sim 10^3 \text{ km}^2$) in some localities of 3 neighboring administrative provinces: 1] Cienfuegos: (1.1) Aguada de Pasajeros (100 km), (1.2) Cienfuegos City (75 km)); 2] Las Villas: (2.1) Corralillo (110 km), (2.2) Santa Clara City (130 km)); 3] Matanzas: (3.1) Calimete (65 km), (3.2) Central Australia (50 km), (3.3) Jagüey Grande [JG] (55 km), (3.4) Pedro Betancourt (70 km), (3.5) Torriente (60 km), (3.6) Unión de Reyes (90 km)).

Figure 1A. Epicenter of Zapata Swamp and Localities

Figure 1B. Cuban Seismic Intensity Map (original scale 1:1,000,000)



1A) A) Administrative provinces (CH-P= Ciudad de La Habana, C-P= Cienfuegos, LH-P= La Habana, LV-P= Las Villas, M-P= Matanzas, PR-P= Pinar del Río); B) Associated images (number inside a square: 5= Section of the North coast line between Corralillo and Cárdenas. The black arrow indicates the direction to Matanzas Bay (MB); 7= Segment of the coast Larga Beach, Cochinos Bay; 8= Predominant type of landscape in Zapata Swamp. The arrow indicates the direction to Jagüey Grande (JG)). (See Tables 1, 3 and 5); C) Black circle= epicenter of 21.01.2015; D) Geo-

graphic areas (BP= Bahamas Platform, GM= Gulf of México, SDB= Santo Domingo Basin, YB= Yucatan Basin); E) Localities (1= La Habana Bay (earthquake 1693), 2= Matanzas Bay (founded 1693), 3= Hicacos Peninsula, 4= Cárdenas, 5= Corralillo (founded 1879), 6= Cienfuegos Bay (founded 1745), 7= Cochinós Bay, 8= Zapata Swamp, 9= Jagüey Grande (founded 1850), 10= Güines (earthquake 1777), 11= San José de las Lajas, 12= Remedios, 13= Trinidad, 14= Sancti Spiritus, 15= Santa Clara (founded 1689), 16= Sagua la Grande, 17= Agramonte (founded 1859).

1B) A) Black discontinue square= the study region; B) Intensity value= 5 (MSK Maisí); C) Localities= CC (Cabo Cruz), CSA (Cabo de San Antonio), PM (Punta de Maisí); D) Two first earthquakes (1528-Baracoa, 1551-Cabo Cruz).

ZS is the largest swamp ($\sim 4.4 \times 10^3 \text{ km}^2$) in the Caribbean. It has only 10 small villages with low population ($\sim 9,000$ inhabitants). The area had very extremely economic difficulties to the people since the colonial time, and it was isolated by several years. Until 1961 there were not electricity and stable roads. CHB is an historic place with a limited touristic profile (Girón Beach and Larga Beach).

Table 1. Main Earthquakes of the Western and Center Seismotectonic Units

Date	Intensity (MSK)	Magnitude / h (km)	Locality, Province
23.01.1880	8	(6.2) / 20	San Cristóbal, Pinar del Río
28.02.1914	7	(6.2) / 20	Gibara, Holguín
15.08.1939	7	5.6 / 15	Remedios-Caibarién, Las Villas
11.06.1981	5	3.7 / -	Alonso de Rojas-La Coloma, P. del Río
16.12.1982	6	5.0 / 20	Torriente-Jagüey Grande, Matanzas
09.03.1995	5	2.5 / 10	San José de las Lajas, La Habana
09.01.2014	6	5.1 / 10	Corralillo, Las Villas
21.01.2015	5	4.1 / 16	Ciénaga de Zapata-Bahía de Cochinós, Matanzas

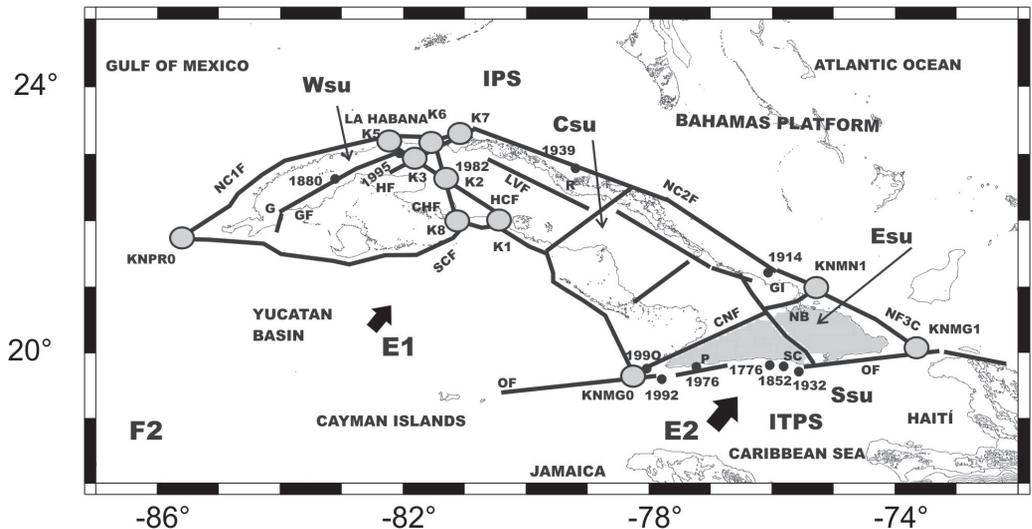
Note: The numbers in parenthesis indicate macroseismic determinations (see Figures 1 and 2) (2016).

The earthquake above mentioned was registered in an intraplate zone, concretely in the Western Seismotectonic Unit (Wsu) (Figure 2). The first earthquakes reported there occurred in 1693 (Ciudad de La Habana) and 1777 (Güines) (Figure 1), but it had several perceptible earthquakes (Table 1). The most relevant happened (16.12.1982) in the vicinity of Torriente and JG, localities (Table 2) (Chuy *et al.*, 1983). It represented the beginning for an alternative research to explain the seismicity in the Wsu (Álvarez *et al.*, 1985; 1990).

The recent earthquake of ZS-CHB confirm principally: 1) the great differences in the reports by the international seismic networks and the Cuban seismic stations (Table 3). The first group get epicentral parameter values very near between them, and the second one (Cuban network) situated the epicenter more far to the E; 2) the seismic activity [SA] in the surrounding of CHB-JG (Cotilla, 1999A; Cotilla, 2014B); 3) the low energetic level of this area (Cotilla and Álvarez, 2001) (Figure 2); 4) the validity of the geodynamic cells model to explain the earthquakes occurrence (Cotilla *et al.*, 1996A) (Figure 3A).

Our aim is to show the main information and fundamental elements, which can explain the earthquakes occurrence in the Wsu and in particular on the ZS-CHB area.

Figure 2. Seismotectonic Map of Cuba (Original Scale 1:1,000,000)



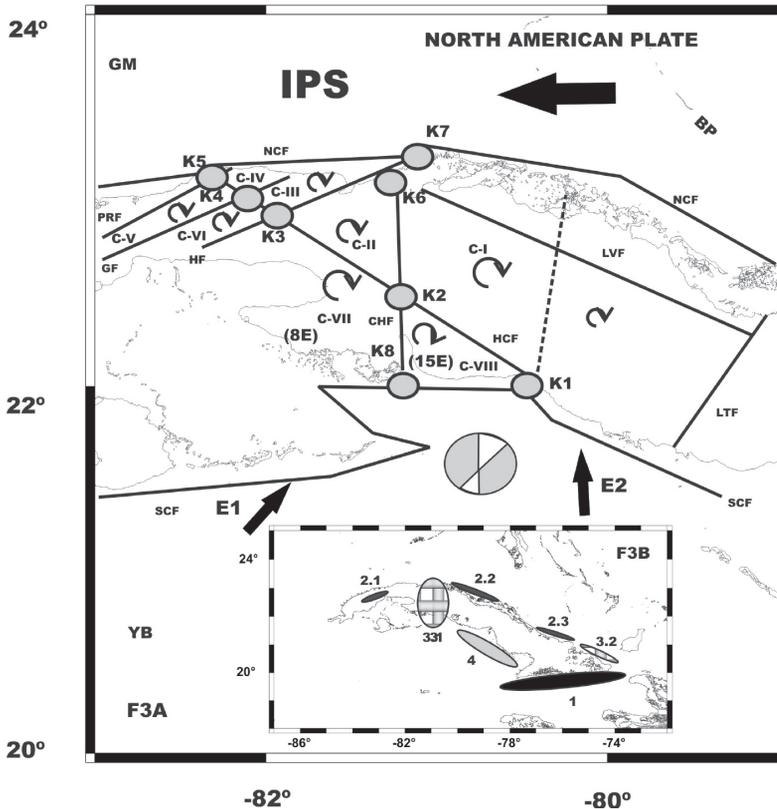
A) Black circle= epicenter (year= 1880) (see Table 11); B) Heavy line= Active fault (CNF). (See Table 9); C) Heavy short black arrow= Stress (E1, E2); D) Seismotectonic Units (Wsu= Western, Csu= Center, Esu= Eastern, Ssu= Southeastern); E) Type of seismicity (IPS= Intraplate, ITPS= Interplate); F) Grey circles= Knots (KNMG1, K1) (see Table 14); G) Localities (NB= Nipe Bay, G= Guane, GI= Gibara, P= Pílon, R= Remedios, SC= Santiago de Cuba).

Table 2. Data of the 16.12.1982 Torriente-Jagüey Grande Earthquake

Parameters	Values
Affected area (10 ² km ²)	34
Coordinates	22° 37' N 81° 14' W
Depth (km)	20
Imax (MSK)	6
Largest distance of perceptibility (km)	~140
Ms	5.0
Time of occurrence (UT)	20:20

Figure 3A. Geodynamic Cells' Model of the West and Center Regions

Figure 3B. Scheme of the Main Seismoactive Segments



3A) Appear: A) Black line= Active faults (HF) (see Table 9); B) Curve black arrow= Sense of blocks rotation; C) Heavy short black arrow= Stress (E1); D) Heavy large black arrow= Sense of plate movement; E) Geographic areas (BP= Bahamas Platform, GM= Gulf of México, YB= Yucat-

an Basin); F) Geodynamic cells (CI= East Matanzas, CII= Center Matanzas, CIII= Habana-Matanzas, CIV= La Habana, CV= West Habana, CVI= South Habana, CVII= Zapata-Cochinos (8 earthquakes), CVIII= Cienfuegos (15 earthquakes)); G) Grey circle= Knot (K5) (see Table 14); H) IPS= Intraplate seismicity; I) Theoretical focal mechanism solution (beach ball).

3B) Appear: Ellipses (1= Southeastern, 2= (2.1= Guane; 2.2= Remedios; 2.3= Gibara), 3= (3.1= Cochinos-Corralillo; 3.2= Nipe-Maisi), 4= Surcubana).

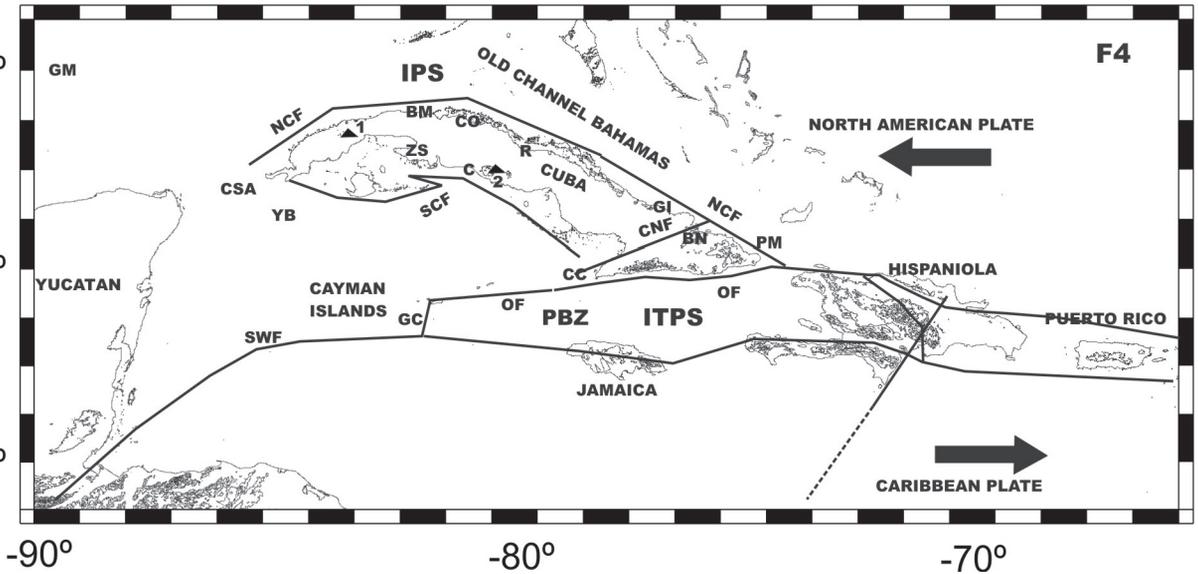
The Geodynamic Model

The basic fundamentals by the seismotectonic model using geodynamic cells are in: 1) the maps and schemes of: 1.1) Lineaments and knots (Cotilla *et al.*, 1991B); 1.2) Neotectonics (Cotilla *et al.*, 1991C; 1996B); 1.3) Neotectogenic (Cotilla *et al.*, 1996B); 1.4) Morphostructural (González *et al.*, 2003); 1.5) Seismotectonic (Cotilla, 1993; 2014A; B; Cotilla and Álvarez, 1991; 1999; Cotilla and Franzke, 1999; Cotilla *et al.*, 1991A; 1996B); 1.6) Seismic potentials (Cotilla *et al.*, 1997B); 2) the compilation and evaluations of: 2.1) the earthquake catalogs (historic and instrumental); 2.2) the isoseismals data; 3) the analysis and improvements of the seismogenic zones in the schemes and models (Álvarez *et al.*, 1985; 1990; Cotilla, 1999A; B; 2007; 2014A; Cotilla and Álvarez, 1991; 1998; Cotilla and Córdoba, 2011A; 2015; Cotilla and Udías, 1999A; B; Cotilla *et al.*, 1988; 1996A; 1997A).

Table 3. Seismic Data of the Zapata Swamp-Cochinos Bay Earthquake

Agency	Date / Time	Coordinates	h(km)	Magnitude
Cuban	20.01.2015 / 11:07	22.34 N 81.22 W	20	M(Richter)= 4.0
EMSC	21.01.2015 / 04:07:13.9	22.25 N 81.39 W	10	mb= 4.2
GEOFON	21.01.2015 / 04:07:14	22.37 N 81.41 W	10	mb= 4.6
USGS	21.01.2015 / 04:07:10	22.216 N 81.422 W	16	mb=4.0/Mw= 4.1

Figure 4. Tectonic Scheme of the Northern Caribbean



Appear: A) Black line= Active fault (CNF= Cauto-Nipe, NCF= Nortecubana, OF= Oriente, SCF= Surcubana, SWF= Swan-Walton); B) Black triangle= Seismic station (1= Soroa, Pinar del Río; 2= Manicaragua, Cienfuegos); C) Geographic areas (GC= , GM= Gulf of Mexico, YB= Yucatan Basin, PBZ= Plate Boundary Zone); D) Heavy black arrows= Sense of plate movements; E) Localities (MB= Matanzas Bay, NB= Nipe Bay, C= Cienfuegos, CC= Cabo Cruz, CSA= Cabo de San Antonio, ZS= Zapata Swamp, GI= Gibara, R= Remedios); F) Type of seismicity (IPS= Intraplate, ITPS= Interplate).

There were some papers that inspired to search scientific explanations about the Cuban seismicity as (Makarov and Schukin, 1976;) Sibson, 1985; Spiridonov and Grigorova, 1980). The results of (Assinovskaya and Soloviev, 1994; Backmanov and Rasskazov, 2000; Guelfand *et al.*, 1976; Gvshiani *et al.*, 1987; Mackey *et al.*, 1977; Sherman and San`kov, 2010; Stein and Yeats, 1989; Zhidkov, 1985; Zhidkov *et al.*, 1975) contributed to develop the methodology of the active structures. In order to obtain the comprehension of the earthquakes localization on intraplate zones were used (Campbell, 1978; Jonston, 1989; Johnston and Kanter, 1990; Leonov, 1995; LeRoy and Mauffret, 1996; Liu and Zoback, 1977; Sbar and Sykes, 1973; Stein, 1999; Sykes, 1978; Zoback, 1992). Our main published results about this field are in the table 4.

The three strongest earthquakes in the Wsu and Csu are in table 6 and figure 2. Other 30 earthquakes (Table 7) enabling to sustain the hypothesis of geodynamic cells model because have occurred close to ZS-CHB-JG region. The significant uncertainty of epicentral locations by international networks in other earthquakes appear in table 8.

In table 9 appears some earthquakes associated with the main faults and knots of the Wsu. Also, events in the Gulf of Mexico and the Bahamas regions (Table 10) are related to some of these structures (Cotilla, 1993; 2012; 2016; Cotilla and Franzke, 1999).

Table 4. Location of the Geodynamic Model and Seismotectonic Map

Year	Author (s)	Figures	Published
1991	Cotilla and Álvarez	1- SM	Revista Geofísica, 35
1993	Cotilla	15- GM and 17-SM	Phd Thesis
1996	Cotilla <i>et al.</i>	2- SM	Revista Geofísica, 45
1998	Cotilla	6- SM	Revista Física de la Tierra, 10
1998	Cotilla	1- GM and SM	Estudios Geológicos, 54(3-4)
1998	Cotilla	4- GM	Journal of Seismology, 2(4)
1998	Cotilla	2- Initial GM and 8- Improved GM	Estudios Geológicos, 55(1-2)
1998	Cotilla and Álvarez	3- SM	Geología Colombiana, 23
1998	Cotilla and Álvarez	2- SM and 9- SM	Revista Geofísica, 49
1999	Cotilla and Franzke	1- SM and 4- GM	Boletín Geológico y Minero, 110(5)
2001	Cotilla and Álvarez	4- SM and 5- GM	Revista Geológica de Chile, 28(1)
2007	Cotilla <i>et al.</i>	11- GM	Russian Geology and Geophysics, 48(6)
2011	Cotilla and Córdoba	5- GM	Izvestiya, Physics of the Solid Earth, 47(6)
2014	Cotilla	4-SM	Revista Geofísica, 54

Note: GM= Geodynamic model (see Figure 3A); SM= Seismotectonic map (see Figure 2).

The Northern Caribbean (Figure 4) is a good example of the seismotectonic diversity that mainly corresponds to a regional dynamics in a frame of plates' interaction of different categories. The great majority of the Caribbean earthquakes are associated with the Plate Boundary Zone [PBZ] (Mann and Burke, 1984). The most intense seismicity is located around restraining bends as southeastern Cuba (Table 11) and northern Hispaniola. The largest SA is determined from Hispaniola to

Puerto Rico (Cotilla, 2012; Cotilla and Córdoba, 2009; 2011B; Cotilla *et al.*, 1997B; 2007A).

Table 5. Selection of Western and Center Cuban Villages

Initial Denomination (Actually)	Region	Foundation / First Report	Distance (km) to Cochinós Bay
La Santísima Trinidad (Trinidad)	Center	1514 / 1824	125
Sancti Spíritus (Sancti Spíritus)		1514 / 1970	165
Gloriosa Santa Clara (Santa Clara)		1689 / 1852	130
Matanzas (Matanzas)		1693 / 1791	140
Cienfuegos (Cienfuegos)		1745 / 1849	75
Gibara (Villa Blanca de Gibara)		1751 / 1914	530
Sagua la Grande (Sagua la Grande)		1812 / 1857	135
Agramonte (Agramonte)		1859 / 1903	70
Perico (Perico)		1879 / 1927	85
Corralillo (Corralillo)		1879 / 1932	110
Martí (Martí)		1879 / -	95
Varadero (Varadero)		1883 / 2000	130
La Habana (Batabanó)	Western	1514 / 1693	135
San Juan de los Remedios (Remedios)		1515 / 1858	170
San Cristóbal de La Habana (Ciudad de La Habana)		1519 / 1693	175
Guane (Guane)		1600 / 1788	300
San Diego de los Baños (San Diego de los Baños)		1632 / -	240
Torriente (Torriente)		1687 / 1932	60
Güines (Güines)		1735 / 1777	120
San Cristóbal (San Cristóbal de los Pinos)		1743 / 1880	235
San José de las Lajas (San José de las Lajas)		1780 / 1995	140
Jagüey Grande (Jagüey Grande)		1850 / 1982	55

Note: Cuba was discovered in 1492.

The level of ancient seismicity in the Caribbean is up to now highest than of the instrumental period. Cotilla (1998A; B; C; D; 1999A; 2007; 2012; 2014B; C) and Cotilla and Udías (1999B) interpreted it as over estimations and mistakes, where Cuba is not at all an exception. The

Caribbean islands have interplate (or plate edge) seismicity but Cuba has also the intraplate type [IPS] (Álvarez *et al.*, 1985; 1990; Cotilla, 1993; 1998A; B; 2014B; Cotilla *et al.*, 1996A; 1997A; B; 1998).

The figure of Cuba island is concave (from SW-NE to NW-SE) as a consequence of the ancient convergence process (Cotilla and Franzke, 1999; Cotilla *et al.*, 1991C; 1996B). Then, the structures located in each of these 2 branches have these strikes. About these ideas will discuss later. Piotowska (1993) found two different tectonic segments in Cuba (Sierra de los Organos and Escambray) but both are genetically related. They are located in the western and center regions, respectively and represent about 10% of the Cuban area (110,911 km²).

Table 6. Largest Earthquakes in Western and Center Seismotectonic Units

Nº	Date	Isoseismal / Epicenter	Area (10 ³ km ²)	Coordinates	Aftershocks
1	23.01.1880	Yes / Ground	40	22.70 N 83.00 W	65
2	28.02.1914	Yes / Sea	25	21.30 N 76.20 W	9
3	15.08.1939	Yes / Sea	19	22.50 N 79.25 W	24
Nº	M / h (km)	Fault	Length (km)	Rupture (km)	Locality
1	6.2 / 20	Guane	~280	58	San Cristóbal
2	6.2 / 20	Nortecubana	~1,100	15	Gibara
3	5.6 / 15	Nortecubana	~1,100	53	Remedios

Seismotectonic Characteristics of Cuba

The dynamic interaction between the Caribbean and North American plates is very well reflected in the SA of the Cuban territory (Cotilla, 1993; 1998A; 2014C). This was one of the arguments used for the differentiation of the Cuban Seismotectonic Province into 4 Units (Southeastern [Ssu], Eastern [Esu], Center [Csu] and [Wsu] and to identify 4 main active knots (KNPR0, KNMG0, KNMG1 and KNMN1) (Figure 2) (Cotilla, 2014C; Cotilla *et al.*, 1998). The knots KNMG0 and KNMG1 are in the contact zone [Ssu] of the plates mentioned before through the Oriente fault [OF], where the strongest and most frequent earthquakes take place (Table 12). It is in the PBZ. The other 3 units (Csu, Wsu and Esu) much farther away from the plate contact area, and at an acute hangle caused by the differential influence, demonstrate IPS values (weak and moderate), with periods of occurrence greater than 100 years.

Table 7. Earthquakes Near Jagüey Grande

Nº	Locality	Earthquakes	Fault /Knot
1	Agramonte	1903	CHF / -
2	Caibarién	15.08.2012	NCF / -
3	Cienfuegos	30.08.1846;1914;22.10.2005	HCF / K1
4	Corralillo	1932;09.01.2014	NCF / -
5	Cumanayagua	08.08.1996	- / K1
6	Girón	27.03.1964	CHF-SCF / K8
7	Güines	07.07.1777	HF-HCF / K3
8	Jaruco	12.10.1905	NCF / -
9	Manacas	15.01.1906	- / -
10	Manicaragua	30.07.1943;24.10.1976	- / -
11	Matanzas	1812;1854;10.09.1854;1978	HF-NCF / K6
12	Perico	01.1927;05.06.1928	CHF / -
13	Quemado de Güines	03.02.1952	Las Villas / -
14	Rancho Veloz	05.06.1906	Las Villas / -
15	Sagua la Grande	07.07.1857;27.05.1861;27.06.1861; 1886;11.04.1889;14.05.1937; 24.04.1941; 04.06.1942;25.05.1960	Las Villas / -
16	San José de las Lajas	09.03.1995	GF-HCF / K4
17	Torriente	1982	HCF-CHF / K2
18	Varadero	2000	HF-NCF / K7

Note: Faults (CHF= Cochinos, GF= Guane, HCF= Habana-Cienfuegos, HF= Hicacos, NCF = Norte-cubana, SCF= Surcubana); Knots (K1= Cienfuegos Bay, K2= Torriente-Jagüey Grande, K3= Güines, K4= San de las Lajas, K6 = Matanzas Bay, K7= Hicacos, K8= Cochinos Bay) (see Figure 2).

Table 8. Seismic Data of Corralillo (in 2014)

Agency	Date	Time	M	h (km)	Coordinates
GEOFON	09.01	20:57:44	5.1	10	23.23 N 80.76 W
USGS		20:57:43	5.1	10	23.189 N 80.677 W
EMSC	05.02	03:19:31	4.4	14	23.25 N 80.69 W
GEOFON		03:19:38	4.4	12	23.21 N 80.70 W
USGS		03:19:32	4.3	12	23.168 N 80.821 W
EMSC	09.03	11:26:18	4.8	10	23.17 N 80.77 W
GEOFON		11:26:18	4.7	10	23.27 N 80.69 W
USGS		11:26:18	4.7	09	23.183 N 80.751 W

The neotectonic boundary between *Csu* and *Esu* is a 2nd order fault (Cauto-Nipe [CNF]). It has 2 seismoactive knots (KNMGO and KNMN1) at its ends. They connect: 1) OF with CNF in the SW, near to the locality of Cabo Cruz; 2) Nortecubana fault [NCF] with CNF in the NE to the north of Nipe Bay, respectively (Figure 2). The largest level of SA is associated with OF (of 1st order).

Table 9. Faults and Earthquakes of Western Cuba

Fault / Acronyms	Mmax	Category/ Segments	Σ Knots	Some Events / (Σ Earthquakes)
Cochinos / CHF	5.0	3 / 2	2	1903;01.1927;05.06.1928;27.03.1964; 1974;16.12.1982 / (~20)
Guane /GF	5.9	2 / 3	2	23.01.1880;31.08.1886;23.09.1921; 09.03.1936;20.12.1937;15.02.1939; 24.09.1939;09.03.1955;11.09.1957;1958; 1964;1974;10.03.1976;15.03.1976;1978; 1982;09.1988 / (>30)
Habana- Cienfuegos / HCF	5.0	3 / 4	5	1693;1810;1835;21.02.1843;08.03.1943;1 844;30.08.1846;30.08.1849;1852;1854;04. 10.1859;12.1862;25.03.1868;1880; 15.04.1907;1913;1914;1941;18.12.1942; 11.09.1947;1954;10.02.1970;11.12.1982; 16.12.1982;09.03.1995 / (~30)
Hicacos /HF	3.0	3 / 3	3	1812;05.03.1843;1852;1854;10.09.1854; 1880;27.05.1914;1970;27.04.1974;1978; 2000 / (14)
Nortecubana /NCF	6.2	2 / 6	6	12.08.1873;03.02.1880;28.02.1914; 15.08.1939;25.05.1960;24.07.1970; 13.05.1978;18.12.1986;05.01.1989; 05.01.1990;20.03.1992;24.09.1992; 28.12.1998;2000;09.01.2014 / (>380)
Surcubana / SCF	5.5	3 / 3	4	1871;1873;1925;1932;1936;23.07.1943;2 8.07.1943;27.10.1945;26.07.1971; 15.05. 1974;27.06.1974;28.08.1974;12.01.1985 / (~50)

Cuba has 13 active faults (Baconao, Camagüey, Cubitas, La Trocha, Las Villas, Surcubana [SCF], CNF, CHF, GF, HF, HCF, NCF and OF) (Figure 2 and Table 9) (Cotilla, 1993; 2014C). Except of OF the others are directly linked with the IPS. The NCF is an active structure that limits by the N to

the Cuban megablock. It has a coefficient of sinuosity (ks) value of: 1) 0.74 in the Cabo de San Antonio - Hicacos Penynsula (Varadero) segment (NE strike); 2) 0.94 between Hicacos and Punta de Maisí segment (NW strike) (Cotilla and Udías, 1999A) (Figure 2). These values and strikes indicate the concave figure of this fault that we determined in other structures as the Yucatán Basin (Figure 4). Moreover, the inflections spatially coincide with the geographic meridian of the Mid-Cayman rise spreading center and the deformed SCF near the ZS-CHB (Cotilla and Udías, 1999A).

Table 13 shows the occurrence of earthquakes in 5 time intervals for Wsu. It is significant the quantity of events for the period 1900-1999 and it can be explained as a consequence of the instrumental determinations.

Table 10. Selection of Earthquakes in Bahamas and Gulf of México

Nº	Region	Date	M
1	Bahamas	22.02.1992	3.2
2	Gulf of México	07.07.1852	7.5
3		06.05.1905	-
4		14.12.2004	-
5		20.12.2004	6.6
6		10.02.2006	5.2
7		10.09.2006	6.0
8		29.10.2009	5.5
9		26.04.2011	5.6
10		08.10.2012	5.7

Table 11. Strongest Earthquakes of the Southeastern Seismotectonic Unit

Nº	Date	M / I (MSK) / h (km)	Rupture Estimated (km)
1	18.10.1551	6.6 / 8 / 15	50
2	11.02.1678	6.75 / 8 / 30	55
3	11.06.1766	6.8 / 9 / 25	85
4	07.07.1842	6.8 / 8 / 30	77
5	20.08.1852	6.4 / 8 / 30	75
6	03.02.1932	6.75 / 8 / 35-40	65
7	07.08.1947	6.7 / 7 / 30	49
8	19.02.1976	5.7 / 8 / 15	55
9	26.08.1990	5.9 / 8 / 10	60
10	25.05.1992	6.9 / 15 / 23	65
11	04.02.2007	6.2 / 15 / 10	50

Álvarez *et al.* (1985; 1990) and Cotilla (1993) studied epicenter and hypocenter determinations made by the international agencies and the Cuban local seismic stations. From the beginning and until the 1980s the determinations were inaccurate and very vague. This was mainly exemplified with two earthquakes: 1) 19.02.1976 ($M_s= 5.7$) in Pílon, Ssu; 2) 16.12.1982 ($M_s= 5.0$) in Torriente-JG, Wsu (Figure 2). It is well known that the seismic devices and the development of software's have improvement of the accuracy determinations. But it is still insufficient for the events of low energy that occur in the Wsu (Tables 3 and 8). An alternative used in Cuba for the study of such type of seismicity has been developing geodynamic cells models. Then, for the Western and Eastern macroregions were related some active faults (Table 9) and their intersections or knots (Table 14) with the stress concentration, mainly, from the interaction of Caribbean-North American plates.

We consider that in the Cuban seismotectonic province the NCF has a 2nd order category, with 2 levels: 1) Category 2A (Cabo de San Antonio-La Habana; W of Hicacos Penynsula (Varadero)-La Trocha; and Nipe-Punta de Maisí); 2) Category 2B (La Habana-Hicacos Penynsula; and La Trocha-Nipe) (Figure 2). But, according to the strike and setup of the NCF three segments are determined: 1) West= NC1F (Cabo de San Antonio-Hicacos Penynsula); 2) Center= NC2F (Hicacos Penynsula-Nipe Bay); 3) East= NC3F (Nipe Bay-Punta de Maisí). The length of each segment is different, being the shortest, the third structure that is the closest to the PBZ (NC3F), and very near to Bahamas Platform and the Atlantic Ocean. Here is joint in the knot KNMG1 with the OF and the Septentrional fault (N of Hispaniola) (Figure 2). The other two segments have some differences. The NC1F is adjacent to the Gulf of México where the knot KNPRO appear, while the NC2F adjoins the narrowest part of the Bahamas Platform. Each segment is associated with earthquakes in the historical and instrumental periods (i.e.: 1) Western region: earthquakes' series of 1981; 2) Center region: 28.02.1914 and 15.08.1939; 3) Eastern region: 05.01.1990, 20.03.1992, 24.09.1992 and 28.12.1998). The NCF has the SA: 1) strongest in the NC2F Remedios-Caibarién and Gibara segment; 2) lowest in the westernmost segment, NC1F.

Table 12. Characteristics of the Cuban Seismogenic Zones

Characteristics	Type of Sesimicity	
	Interplate	Intraplate
Area of perceptibility (10 ³ km ²)	110	40
Associated fault (s)	OF	BF, CF, CHF, CNF, CUF, GF, HCF, HF, LTF, LVF, NCF, SCF
Depth (km)	30	15
Distance between strong earthquakes (km)	100	825
Distance of perceptibility (km)	~800	~300
Earthquakes (%)	~75	<25
Epicenter (in)	Sea	Land and Sea
Fatalities	>100	~20
First report	Cabo Cruz-1551	Baracoa-1528
Imax (MSK)	9	8
Isoseismals	Middle	Complete and middle
Mmax / hmax (km)	6.8 / 60	6.2 / 20
M (interval / earthquakes)	6.8-6.0 / 6; 5.9-5.0 / 18	6.2-6.0 / 2; 5.9-5.0 / 3
Repetition period (years)	~80	>100
Rupture estimatated (km)	85	58

Note: Faults (BF= Baconao, CF= Camagüey, CHF = Cochinós, CNF= Cauto-Nipe, CUF= Cubitas, GF= Guane, HCF= Habana-Cienfuegos, HF= Hicacos, LTF= La Trocha, LVF= Las Villas, NCF= Nortecubana, OF= Oriente, SCF= Surcubana) (see Figures 2 and 4).

Figure 3B shows four areas with the main seismoactivity in Cuba. There are represented by 4 ellipses in color graduation, from greatest to lowest (1= Southeastern, 2.1= Guane, 2.2= Remedios, 2.3= Gibara, 3.1= Cochinós-Corralillo, 3.2= Nipe-Maisí, and 4= Surcubana). It can be considered as a roof seismotectonic regionalization (Cotilla and Córdoba, 2007).

Table 13. Some Data of the Western Cuban Earthquake Catalog

Time Period	Events	Mmax / Mmín	hmax / hmín (km)	With Full Date
1492-1699	3	5.0 / 2.6	30 / -	-
1700-1799	4	3.7 / 3.1	10 / -	2
1800-1899	35	6.2 / 2.5	20 / 10	24
1900-1999	862	6.2 / 1.0	88 / 12	758
2000-2013	11	4.4 / 1.9	33 / 10	6
	Σ =921			Σ =790

Seismotectonic Models

Cotilla and Franzke (1994) calculated, for first time, a stress tensor for Esu. Cotilla *et al.* (1998; 2007B) subsequently identified a regional stress tensor for Cuba with NE-SW striking. These led us to consider the existence of normal and left-lateral strike-slip faults, with small pull-apart basins, fault ridges, and push-up and flower structures. We also identified different segments in the Cuban faults that could explain the existing low earthquake magnitudes in the Csu and Wsu (Tables 12 and 13).

The Wsu has a structure of faulting and uneven blocks, with different degrees of mobility and a tendency to vertical displacement. However, they are interrelated (due to processes not yet understood) in a regional context where left-lateral strike-slip is predominant. Blocks show a mix of vertical movement, rotation and tilting. The Wsu has 8 blocks or cells (CI= East Matanzas, CII= Center Matanzas, CIII= Habana-Matanzas, CIV= La Habana, CV= West Habana, CVI= South Habana, CVII= Zapata-Cochinos and CVIII= Cienfuegos) (Cotilla, 2014B) (Figure 3A). These cells are made up of the following active faults: CHF, GF, HF, HCF, NCF and SCF. The majority of faults was linked to earthquakes (Figure 2 and Table 9). We also found 8 knots where the fault intersections are located or associated with some earthquakes (Table 14). The model of the Wsu includes 4 administrative provinces (Pinar del Río, Ciudad de La Habana, La Habana, and Matanzas) (Figure 5 of Cotilla and Álvarez, 2001).

The HCF is a large lineal SE-NW structure (~230 km long) of the Wsu. In both extremes (NW and SE) are the La Habana Bay (K5) and Cienfuegos Bay (K1), respectively. The mentioned before 1982 earthquake that hit Torriente-JG localities (Figures 2 and 3, Tables 2 and 9) is associated at the intersection of HCF with CHF (knot K2). In 1995 another

earthquake was registered ($M_s = 2.5$) and it was felt at Pedro Pí (PP), in the region of San José de Lajas, La Habana (Figure 3A, Tables 1 and 9). This event also took place on the HCF, but farther to the NW, where it is another intersection of the HCF with GF (knot K4). The isoseismal map by González *et al.* (1995) showed that the main perceptibility was toward the NW. Thus, the earthquakes in Torriente-JG and PP localities may support the idea that earthquakes in Wnu take place at the intersections of different active structures (Cotilla, 1995) (Figure 3A). Similar proposals in other places were previously published by various authors such as (Guelfand *et al.*, 1976; Gvshiani *et al.*, 1987; Zhidkov, 1985). We believe that this favors block composition, block rotation, and the stress transmission, with the resulting seismic energy release.

From instrumental data, the M_{max} in Torriente-JG is 5; while in the immediate zones is bounded by values of 5.1 (Corralillo, associated with the NC2F), 5.0 (Varadero; with NC2F and HF) and 4.1 (CZ-BCH with SCF and CHF). All these values shows the validity of the seismic intensity maps of Álvarez *et al.* (1985; 1990) (Figure 1). Also, they indicate: 1) the low intensity values in the region; 2) the magnitude values estimated on the seismotectonic map are suitable (Cotilla *et al.*, 1991A); 3) the seimogenetic layer is less than 20 km (Cotilla, 1993; Cotilla *et al.*, 1996B).

Cotilla and Álvarez (2001) (see their Figure 7) suggested to the W_{su} that 4 pairs of faults (1) GF and HCF; 2) HF and HCF; 3) HF and NCF; 5) HCF and CHF) are interconnected active structures. Also, the strike, geometry and activity of these faults can be explained by the presence of 2 large depressed oceanic structures, the Gulf of México and the Yucatán Basin (Figure 2), which are opposed in the contemporary tectonic stress field, mainly caused by the Caribbean, Cocos and North American plates interactions. There is a similar explanation to the SA in the Eastern Gulf of México. In it 2 earthquakes occurred (10.02.2006 and 10.09.2006). The second one has a mixed type focal mechanism with a fault plane of $\sim 300^\circ$ (NW-SE). This strike coincides with the NCF and the epicenters are ~ 600 km from Ciudad de La Habana. Cotilla (2014B) reached the same conclusion based on seismicity and tectonic data of the Gulf of México (Froehlich, 1982; LeRoy, 1998).

Table 14. Some Data of the Main Knots of Western Cuba

		Knots							
Nº	Characteristics	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
1	Events/Imax	3/5	7/5	1/5	3/5	18/5	4/5	1/6	5/4
2	Category:								
A	Disruptive	1	2	2	2	1	1	2	1
B	Fault	1	2	2	2	1	2	2	1
C	Morphostructural	1	6	6	6	1	5	6	5
D	Neotectonic	1	5	4	3	1	2	2	2
E	Seismogenetic	1	2	3	3	1	3	3	3

Note: K1= Cienfuegos Bay, K2= Torriente-Jagüey Grande, K3= Güines, K4= San José de las Lajas, K5= Ciudad de La Habana, K6= Matanzas Bay, K7= Hicacos, K8= Cochinos Bay.

We can assume that the occurrence of strong earthquakes in 3 localities of the Wsu and Csu regions (1) San Cristóbal (135 years), 2) Gibara (101 years), and 3) Remedios (76 years)) is a consequence of a same seismotectonic process of IPS type. Nevertheless, they are not associated with the seismotectonic of the JG-ZS- Cochinos Bay region. The SA of knots has a decreasing order: K5, K2, K8, K6, K1, K4, K3 and K7.

Discussion and Conclusions

The CHB-JG-Cárdenas area is very well defined from: 1) morphostructural scheme (González *et al.*, 2003), 2) neotectonic scheme and map (Cotilla *et al.*, 1991C; González *et al.*, 1989). This area differs from others located along the E and W sides, where the trends of uplifting values are higher, also the SA is also greater (Cotilla *et al.*, 1996B).

The northern Cuban (Cárdenas-Corralillo-Sagua la Grande) limit with the CHB-JG area. It has a very well defined spatial relationship with the seismogenetic zone of Las Villas fault (3rd order) (Figure 2). This structure is parallel to the NC2F and it shows SA in Cárdenas, Corralillo, Sagua La Grande and Remedios.

The territory located to the E of the Matanzas Bay up to Corralillo (north coast), and between the Cienfuegos Bay and ZS (south coast), is defined into two S-N profiles: 1) CHB-Cárdenas (L1); 2) Cienfuegos Bay-Sierra Morena and Corralillo (L2) (Figure 5). This area is composed by a broad ordered set of 5 low flat karstic plains (Cotilla and Córdoba, 2010; González *et al.*, 2003). It is defined as a mesoblock with null or very

weak trend of uplifting (Cotilla *et al.*, 1991C; González *et al.*, 1989). From a tectonic point of view, the Santo Domingo basin, is mainly defined here from Cárdenas to Morón localities. That means, the region was influenced by two type of extensional tensors to the: 1) SE (T1, E of the Cienfuegos Bay); 2) SW-W (T2, W of the Matanzas Bay) (Figure 5).

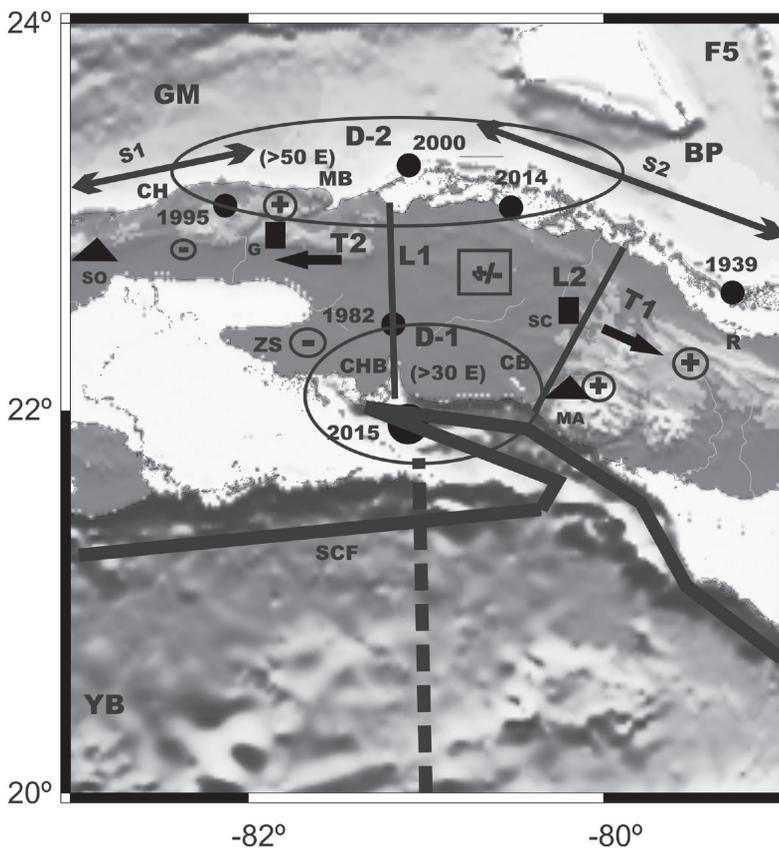
The mentioned before region has a pull-apart basin which we call JG. Here we found a clear spatial contrast of blocks with different figures and trends (null, weak and moderate) of vertical movements. The blocks with weak uplifting tendency are located at the N and S borders. From the northern side there are four uplifting blocks (CII, CIII, CIV and Las Villas), while there are two in the southern one (CVIII and Guaniguanico). The CVIII cell is distinguished by three knots (K1, K2 and K8) with 3, 7 and 5 earthquakes, respectively. The donwtrow blocks are CI, CVI and CVII.

Following the proposals by Cotilla and Franzke (1999), Cotilla and Udías (1999A) and Cotilla *et al.* (1996B; 1997B; 1998) the stress transmission is easier northward in the Remedios-Caibarién-Gibara (NC2F) segment than in the Cabo de San Antonio-Hicacos Penynsula (NC1F) (Figure 2). These two segments also belong to the Wsu and they are related to strong earthquakes. The energy released by strong and weak earthquakes also occurs at the northern edge of the megablock, in the NCF, but in its Center and Eastern parts. Weak earthquakes occur inside the island, where the following faults are located: Baconao, Camagüey, Cubitas, Las Villas, La Trocha, Santa Clara, Tuinicú, and HC (Cotilla, 1993). Strong and weak earthquakes only occur in the GF and weak earthquakes take place in the NC1F. We consider that the stress transmission comes from the two mentioned parts of the plate boundary (Swan [SWF] and OF) (Figure 4). The energy transmission takes place through two different structures: 1) the South Platform of Cuba; 2) the Yucatán Basin, respectively. The Yucatan Basin has records from the Late Cretaceous to the Paleogene affected by the Neogene strike-slip in the Caribbean-North American region. Also, the distances are different: 1) SWF-NC1F= ~430 km; 2) OF-NC3F= ~300 km.

The influence of the lithospheric plates interaction produces two seismotectonic deformation zones in La Habana-Las Villas segment. They have different figures and areas in the south (D-1) and the north (D-2) (Figure 5). The quantity of earthquakes also differs: D-1 (> 30) and D-2 (> 50). The Mmax (5.1) is in D-2.

According to the spatial distribution of perceptibility, outlined in the Introduction, we can assume an energy radiation pattern in a semicircular shape with center in BCH. Also, from the data of the tables 7, 9, 13 and 14 we can say that 32, 100, 921 and 41, respectively, earthquakes have occurred in several towns of Wsu. Then, the region is active because a lot of earthquakes have occurred on it. Taking into the account the 21.01.2015 earthquake data: 1) the epicenters determinations differences (Table 3); 2) the non-existence of known faults in the ZS. The knot K8, Cochinos Bay, is the most probably place to the epicenter. It is directly related with 2 geodynamic cells (CVII (8 earthquakes) and CVIII (15 earthquakes)). Both structures are included in the southern seismotectonic deformed area (D-1) where CHF and SCF are determined.

Figura 5. Pull-Apart Basin Model (Jagüey Grande)



Appear: A) Black arrows= Stress (T1, T2); B) Black circle= epicenter (year= 1982); C) Black discontinue line= Meridiam of the Mid-Cayman rise spreading centre; D) Black line with arrows= Main strike of the coast line (S1= West, S2=Center-East); E) Black line= Fault (SCF= Surcubana); F) Seismotectonic deformed areas (D-1 and D-2); G) Geographic area (BP= Bahamas Platform, GM= Gulf of México, YB= Yucatan Basin); H) Heavy black lines= limits of the region (L1, L2); I) Localities (CB= Cienfuegos Bay, MB= Matanzas Bay, CH= Ciudad de La Habana, ZS= Zapata Swamp, R= Remedios); J) Sense of: uplift (+), downtrow (-), nule (+/-); K) Black triangle= seismic station (SO= Soroa, and MA= Manicaragua); L) Black square= Proposal of seismic station (G= Güines, and SC= Santa Clara).

Stronger earthquakes of the Wsu and Csu (1914 (6.2) Gibara, 1939 (5.6) Remedios and 2014 (5.1) Corralillo) have occurred in the S2 branch (Figure 5). They are probably related to seismoactive NC2F, which interacts directly with the Bahamas Platform. While the higher level of SA occurs in the southern part of these same units in BCH-Cienfuegos-Trinidad; although their values are lower than in the Northern segment. This situation is reversed for the Esu and Ssu where the greatest SA is in the south (Cabo Cruz-Pilón-Santiago de Cuba-Punta de Maisí) associated to OF. Cotilla (1993) explained it by the direct interaction of these 2 units with the Caribbean plate. In the northern part is the NC3F, that relates to the Atlantic Ocean. While in the westernmost part of the Wsu the greater SA is associated with GF, but never with NC1F. The latter one directly interacts with the Gulf of México.

Sykes (1978) observed that IPS areas are located throughout pre-existing tectonic weakness zones. The GF and HCF are examples of it (Cotilla *et al.*, 2007B). Zoback (1992) showed that horizontal compressional stresses can be transmitted over great distances through the continental and oceanic lithospheres. Also, Van der Pluijm *et al.* (1997) suggested that continental interiors registering plate tectonic activity and intraplate fault reactivation (and earthquake triggering). It is mainly dependent on the orientation of fault zones relative to the plate margin. The deformation of continental interiors can be represented by relatively simple rheological models. Using these mentioned authors and the results of (Johnston and Kanter, 1990; Liu and Zoback, 1977; Sbar and Sykes, 1973; Stein, 1999) we can say that: 1) the tectonic forces of the plate margins can be

transmitted inside the plates for up to distances of 2,000 km; 2) the status of the forces in the interior continental zone seems to be relatively independent of the immediate surroundings, as well as of the previous tectonic style; 3) there is a predominance of transmission of energy from the borders toward the interior of the plate; 4) intraplate seismic events occur in areas where the crust has been weakened by previous activity. Therefore, if we apply these arguments to Wsu we can conclude that earthquakes have and do take place in this Cuban unit.

We believe that to improve the detection of events in the Wsu and Csu it is necessary to install at least two stable seismic stations in: 1) Güines and 2) Santa Clara (Figure 5). With that network (Soroa, Güines, Santa Clara and Manicaragua stations) would be cover almost 90% ($M \geq 4.0$) of these units. In addition, there would be a better understanding of the natural and induced SA (by the oil Geophysical Exploration of the Northern Sea area). These stations would be located in same amount of cells (CV, CIII, CI and CVIII) or different blocks.

We conclude that in the Wsu: 1) the mentioned faults (CHF, GF, HF, HCF, NCF and SCF) are active (Table 9); 2) the tectonic mechanism of intraplate readjustments through faults and block rotations are responsible for at least 5 earthquakes (1) 1880 in San Cristóbal (Pinar del Río) [23]; 2) 1982 in Torriente-JG (Matanzas); 3) 1995 PP (San José de las Lajas, La Habana); 4) 2000 in Varadero (Hicacos Peninsula); 5) 21.01.2015 ($m_b = 4.1$ / $h = 16$ km / 22.216 N 81.422 W) in the surrounding of de ZS-CHB (Matanzas) where is the knot K8 (made up CHF and SCF)); 3) the earthquakes can be explained by the transpression process of the Caribbean and North American plates at the SWF and OF zones, and the consequent stress transfer toward the Cuban Seismotectonic Province.

Acknowledgements

Amador García Sarduy prepared all figures. Funding by TSUJAL (CGL2011-29474-C02-01) and GR35/10-A/910549 projects are gratefully acknowledged. José Leonardo Álvarez Gómez, Enio César González Clemente, Peter Bankwitz †, Joachim Pilarski and Hans-Joachim Franzke supported the original idea of the faults' knots to the Cuban region.

References

- Álvarez L., Cotilla M. and Chuy T. *Informe final del tema 430.03: Sismicidad de Cuba*. In: Archivo del Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 1990.
- Álvarez L., Rubio M., Chuy T. and Cotilla M. *Informe final del tema de investigación 31001: Estudio de la sismicidad de la región del Caribe y estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba*. In: Archivo del Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 1985.
- Assinovskaya B.A. and Soloviev S.L. (1994). Definition and description of the zones of potential earthquake sources in the Barents Sea. *Izv. Phys. Solid Earth*, 29(8), 664-675.
- Backmanov D.M. and Rasskazov A.A. (2000). Recent faults in the junction área between the southern and central Urals. *Geotectonics*, 4, 25-31.
- Campbell D.L. (1978). Investigation of the stress concentration mechanism for intraplate earthquakes. *Geophys.Res.Lett.*, 5, 477-479.
- Chuy T., Vorobiova E., González B., Álvarez L., Pérez E., Serrano M., Cotilla M. and Portuondo O. (1983). El sismo del 16 de diciembre de 1982. Torriente-Jagüey Grande. *Revista Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 3, 43 p.
- Cotilla M.O. (2016). The Guane fault, western Cuba. *Revista Geográfica de América Central*, 57, ---.
- Cotilla M.O. y Córdoba D. (2015). Guantánamo neo-estructura atípica del Caribe norte. *Revista Investigaciones Geográficas de Chile*, 50, 51-88.
- Cotilla M.O. (2014A). Alternative interpretation for the active zones of Cuba. *Geotectonics*, 48(6), 459-482.
- Cotilla M.O. (2014B). Sismicidad de interior de placa en Cuba. *Revista Geofísica*, 54, 93-125.
- Cotilla M.O. (2014C). Cuban Seismology. *Revista de Historia de América*, 143, 43-98.
- Cotilla M.O. (2012). Historia sobre la Sismología del Caribe Septentrional. *Revista de Historia de América*, 147, 111-154.
- Cotilla M.O. *Un recorrido por la Sismología de Cuba*. Editorial Complutense, Madrid, 2007, ISBN 97-8-47- 491827-4.

- Cotilla M.O. (1999^a). La ciencia sismológica en Cuba (I). Consideraciones principales. *Revista de Historia de América*, 124, 29-54.
- Cotilla M.O. (1999B). El controvertido alineamiento Habana-Cienfuegos, Cuba. *Estudios Geológicos*, 55(1-2), 67-88.
- Cotilla M.O. (1998A). Una revisión de los estudios sismotectónicos en Cuba. *Revista Estudios Geológicos*, 54(3-4), 129-145.
- Cotilla M.O. (1998). Sísmicidad y sismotectónica de Cuba. *Revista Física de la Tierra*, 10, 53-86.
- Cotilla M.O. (1998C). Terremotos de Cuba. *GEOS*, 18(3), 180-188.
- Cotilla M.O. (1998D). An overview on the seismicity of Cuba. *Journal of Seismology*, 2, 323-335.
- Cotilla M.O. (1995). *El sismo del 09.03.1995 en Ganuza, San José de las Lajas*. Informe del Instituto de Geofísica y Astronomía, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, de Cuba, 10 p.
- Cotilla M.O. (1993). Una caracterización sismotectónica de Cuba. PhD Thesis, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 200 p.
- Cotilla M.O. and Álvarez J.L. (2001). Regularidades sismogénicas de la unidad neotectónica Occidental de Cuba. *Revista Geológica de Chile*, 28(1), 3-24.
- Cotilla M.O. and Álvarez J.L. (1999). Mapa de zonas sismogeneradoras de Cuba. *Geología Colombiana*, 23, 97-106.
- Cotilla M.O. and Álvarez J.L. (1998). Esquema de regionalización del potencial de amenaza geológica en Cuba. *Revista Geofísica*, 49, 47-86.
- Cotilla M.O. and Álvarez J.L. (1991). Principios del mapa sismotectónico de Cuba. *Revista Geofísica*, 35, 113-124.
- Cotilla M.O. and Córdoba D. (2011A). Study of the earthquake of the January 23, 1880, in San Cristóbal, Cuba and the Guane fault. *Izv. Phys. Solid Earth*, 47(6), 496-518.
- Cotilla M.O. and Córdoba D. (2011B). Análisis morfotectónico de la isla de Puerto Rico, Caribe. *Revista Geofísica*, 52, 79-126.
- Cotilla M.O. and Córdoba D. (2010). Study of the Cuban fractures. *Geotectonics*, 44(2), 176-202.
- Cotilla M.O. and Córdoba D. (2009). Morphostructural analysis of Jamaica. *Geotectonics*, 43(5), 420-431.

- Cotilla M.O. and Córdoba D. (2007). A morphotectonic study of the Central System, Iberian Península. *Russian Geology and Geophysics*, 48(4), 378-387.
- Cotilla M.O. and Franzke H.J. (1999). Validación del mapa sismotectónico de Cuba. *Boletín Geológico y Minero*, 110(5), 573-580.
- Cotilla M.O. and Franzke H.J. (1994). Some comments on the seismotectonic activity of Cuba. *Z.Geol.Wiss.*, 22(3-4), 347-352.
- Cotilla M.O. and Udías A. (1999A). Geodinámica del límite Caribe-Norteamérica. *Rev.Soc.Geol. de España*, 12(2), 175-186.
- Cotilla M.O. and Udías A. (1999B). La ciencia sismológica en Cuba (II). Algunos terremotos históricos. *Revista de Historia de América*, 125, 45-90.
- Cotilla M.O., Álvarez L. and Rubio M. (1997A). Sismicidad de tipo intermedio en Cuba. *Revista Geología Colombiana*, 22, 35-40.
- Cotilla M.O., Córdoba D. and Calzadilla M^a. (2007A) Morphotectonic study of Hispaniola. *Geotectonics*, 41(5), 368-391.
- Cotilla M.O., Franzke H.J. and Córdoba D. (2007B). Seismicity and seismoactive faults of Cuba. *Russian Geology and Geophysics*, 48, 505-522.
- Cotilla M.O., Álvarez L., Chuy T. and Portuondo O. (1988). Algunos criterios de la peligrosidad sísmica en Cuba (2). Algunos criterios sobre la peligrosidad sísmica en zonas de baja actividad del territorio de Cuba. *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, 2, 19 p.
- Cotilla M.O., Bankwitz P., Álvarez L., Franzke H.J., Rubio M.F. and Pilarski J. (1998). Cinemática neotectónica de Cuba. *Rev.Soc.Geol. de España*, 11(1-2), 33-42.
- Cotilla M.O., Bankwitz P., Franzke H.J., Álvarez L., González E., Díaz J.L., Grünthal G., Pilarski J. and Arteaga F. (1991A). Mapa sismotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000. *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, 23, 35 p.
- Cotilla M.O., Bankwitz P., Franzke H.J., Álvarez J.L., González E.C., Díaz J.L. and Arteaga F. (1996A). Una valoración sismotectónica de Cuba. *Revista Geofísica*, 45, 145-180.
- Cotilla M.O., Franzke H.J., Pilarski J., Portuondo O., Pilarski M. and Arteaga F. (1991B). Mapa de alineamientos y nudos tectónicos principales de Cuba, escala 1:1,000,000. *Revista Geofísica*, 35, 53-112.

- Cotilla M.O., González E.C., Franzke H.J., Díaz J.L., Arteaga F. and Álvarez L. (1991C). Mapa neotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000. *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, 22, 37 p.
- Cotilla M.O., Millán G., Álvarez L., González D., Pacheco M. and Arteaga F. (1996B). *Esquema neotectogénico de Cuba*. Informe científico-técnico del Departamento de Geofísica del Interior, 100 p. In: Archivo del Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Cotilla M.O., Rubio M., Álvarez L. and Grünthal G. (1997B). Potenciales sísmicos del sector Centro-Occidental del arco de las Antillas Mayores. *Revista Geofísica*, 46, 129-150.
- Froehlich C. (1982). Seismicity of the Central Gulf of Mexico. *Geology*, 10, 103-106.
- González E.C., Cañete C.C., Díaz J.L., Pérez L. and Cotilla M.O. (1989). Esquema morfoestructural de Cuba, escala 1:250,000. *Revista Geología y Minería*, 1, 16-34.
- González E.C., Cotilla M.O., Cañete C.C., Díaz J.L., Carral R. and Arteaga F. (2003). Estudio morfoestructural de Cuba. *Geogr.Fis.Dinam. Quat.*, 26(1), 49-70.
- González B.E., Álvarez J., Serrano M., García J., Rodríguez V., Pérez L. and Fernández E. *Informe científico-técnico del 9 de marzo de 1995: Ganuza, Municipio San José de las Lajas*. In: Archivo del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Filial Occidental. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, 13 p., 1995.
- Guelfand I.M., Guberman S.A., Keylis-Borok V.I., Knopoff L., Press F.S., Rantsman E.Y., Rotvain I.M. and Skii A.M. (1976). Condiciones de surgimiento de terremotos fuertes (California y otras regiones). *Vichislitlialnaya Seismologiya*, 9, 3-91.
- Gvshiani A.D., Gorshkov A., Kosobokov V., Cisternas A., Philip H. and Weber C. (1987). Identification of seismically dangerous zones in the Pyrenees. *Annales Geophysicae*, 87, 681-690.
- Johnston A. *The seismicity of stable continental stable interiors*. In: Earthquakes at North Atlantic Passive Margins. Neotectonics and Postglacial Resound, 299-327 pp. (Eds. S. Gregersen and W. Bashan), 1989.

- Johnston A.E. and Kanter L.R. (1990). Earthquakes in stable continental crust. *Sci.Am.*, 262(3), 68-75.
- Leonov Yu.G. (1995). Esfuerzos en la litosfera y geodinámica de interior de placa. *Geotectonika*, 6, 3-22.
- LeRoy S.D. (1998). Treating the Gulf of Mexico as a continental margin petroleum province. *The Leading Edge*, 209-212.
- LeRoy S.D. and Mauffret A. (1996). Intraplate deformation in the Caribbean region. *J.Geology*, 21(1), 113-122.
- Liu L. and Zoback M.D. (1977). Lithospheric strengths and intraplate seismicity in the New Madrid seismic zone. *Tectonics*, 16, 585-595.
- Mackey K.G., Fiyita K., Gunbina L.V., et al. (1977). Seismicity of the Bering Strait region: Evidence for Bering block. *Geology*, 25, 979-982.
- Makarov G.V. and Schukin Y.K. (1976). Valoración de la actividad de las fallas ocultas. *Geotektonika*, 1, 96-109.
- Mann P. and Burke K. (1984). Neotectonics of the Caribbean. *Rev.Geophys. Space Phys.*, 22, 309-362.
- Piotrowska K. (1993). Interrelationship of the terranes in western and central Cuba. *Tectonophysics*, 230, 273-282.
- Sbar L. and Sykes L.R. (1973). Contemporary compressive stress and seismicity in Eastern North America: An example of intraplate tectonics. *Geol.Soc.Am.Bull.*, 84, 1,861-1,882.
- Sherman S.I. and San'kov V.A. (2010). Faulting and seismicity: Discussion of topical interdisciplinary. *Izv.Phys. Solid Earth*, 46(4), 364-366.
- Sibson R.H. (1985). A note on fault reactivation. *J.Struct.Geol.*, 7, 751-754.
- Spiridonov N. and Grigorova E. (1980). On the interrelation between seismicity and fault structure identified by space image interpretation. *Space Res. Bulgaria*, 3, 42-46.
- Stein R.S. (1999). The role of stress transfer in earthquake occurrence. *Nature*, 402, 605-609.
- Stein R.S. and Yeats R.S. (1989). Hidden earthquakes. *Science*, 260, 48-57.
- Sykes L.R. (1978). Intraplate seismicity reactivation of preexisting zones of weakness, alkaline magmatism and tectonic postdating continental fragmentation. *Rev.Geophys. Space Phys.*, 16(4), 621-688.
- Van der Pluijm B.A., Craddock J.P., Graham B.R. and Harris J.H. (1997). Paleostress in cratonic North-America: Implications for deformation of continental interiors. *Science*, 277, 794-796.

- Zhidkov M.P. (1985). Morfoestructuras de las zonas de sistemas continentales-oceánicas del cinturón pacífico en relación con el pronóstico de los lugares de fuertes terremotos (Kamchatka-occidente de Sudamérica). Resumen Ampliado, Phd Thesis). In: Instituto de Geografía de la A.C. de la URSS, Moscú, 1985.
- Zhidkov M.P., Rotvain I.M. and Sadowskii A.M. (1975). Forecast of more probable sites for earthquake occurrences. Multiple interceptions of lineaments in the Armenian area. *Vichislitel'naya Seismologiya*, 8, 53-70.
- Zoback M.L., 1992. First- and second- order patterns of stress in the lithosphere: The World stress map project. *J.Geophys.Res.*, 97, 11,703-11,728.

ESTUDIO DE LA MOVILIDAD CICLISTA EN UN SECTOR DE LOS CANTONES CARTAGO Y EL GUARCO, DE LA PROVINCIA CARTAGO, COSTA RICA

BICYCLE MOBILITY STUDY IN A SECTOR OF THE CARTAGO AND EL GUARCO TOWNS OF THE PROVINCE OF CARTAGO, COSTA RICA

Mauricio Torres-Paniagua¹
Henry Hernández-Vega²
Universidad de Costa Rica

RESUMEN

El presente artículo presenta un resumen de un estudio de la movilidad en bicicleta en sectores de los distritos San Francisco, Guadalupe y Quebradilla del cantón de Cartago, y de los distritos Tobosí y Tejar del cantón El Guarco, en Costa Rica. El estudio de movilidad incluyó la evaluación de mapas con curvas de nivel en el sector con el fin de determinar las zonas que presentan una topografía favorable para el tránsito en bicicleta, esto se complementó con una caracterización de la zona, con ayuda de mapas de uso de suelo y visitas al sitio, que permitieron identificar los principales atractores y generadores de viajes. Se efectuaron conteos de bicicletas y encuestas para estudiar la movilidad y caracterizar a los ciclistas. Se generó una red de movilidad ciclista. Los usuarios de bicicleta en la zona, son generalmente adultos jóvenes quienes viajan por motivo de trabajo y que

-
- 1 Egresado Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: mtorres23@gmail.com
 - 2 Investigador Programa Infraestructura del Transporte. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. Correo Electrónico: henry.hernandezvega@ucr.ac.cr

Fecha de recepción: 01 de agosto de 2016
Fecha de aceptación: 07 de octubre de 2016

pertenecen a un estrato socioeconómico específico. La zona posee características espaciales que propician el ciclismo y que pueden ser potenciadas con mejoras en la infraestructura.

Palabras clave: transporte; bicicleta; movilidad.

ABSTRACT

This article presents a summary of a bicycle mobility study in a region of the province of Cartago in Costa Rica. This mobility study includes the use of topographic map contour lines to establish the most favorable locations for cyclists, which was complemented with land use maps and site visits in order to identify the main sources of origin and destination for cyclists' trips. Bicycle counts were made at several points, also origin-destination surveys were conducted to study the mobility, and a detailed survey to characterize the cyclists in the region was performed. From the information that was collected, a cycling mobility network was generated. Most of the cyclists in this area are young adults of a similar socioeconomic status who travel for work purposes. It is evident that the area has spatial characteristics that can facilitate cycling by road infrastructure enhancement.

Keywords: transport, bicycle, mobility.

Introducción

Durante las últimas décadas, ha existido en muchos países una preocupación sobre el impacto ambiental generado por el uso del automóvil para el transporte de pasajeros (Canadian Institute of Transportation Engineers, 2004). Uno de los grandes problemas generalizados en Costa Rica, pero principalmente en las ciudades, es la ineficiencia del sistema de transporte, el cual trae repercusiones en ámbitos de salud, medio ambiente, movilidad de las personas y economía. Por ejemplo, Otoyá (2009) estimó que los accidentes de tránsito (a partir de datos del 2005) y la congestión (a partir de datos del 2006) en el Gran Área Metropolitana (GAM) generan deseconomías del orden del 1,71 % del Producto Interno Bruto (PIB).

A partir de esta preocupación ha surgido el concepto de transporte sostenible que promueve un balance entre los beneficios económicos y sociales del transporte con la salud humana y del ambiente (Canadian Institute of Transportation Engineers, 2004). Para lograr un desarrollo urbano sostenible de una ciudad es necesaria la creación de políticas públicas que fomenten el transporte público, el caminar o la bicicleta; brindando beneficios al ambiente y a la calidad de vida de la población, entre muchos otros. Por ejemplo, Laverty, Mindell, Webb, & Millett (2013) determinaron que estos tres modos de transporte están asociados con una menor probabilidad de tener problemas de sobrepeso, también indican que caminar o usar

la bicicleta para transportarse está asociada con una menor probabilidad de padecer diabetes.

Con el uso de estos modos de transporte se busca reducir la demanda de vehículos motorizados en las ciudades; para así mejorar la capacidad de planificación en la que se incluyan las necesidades de toda la población en el sistema de transporte, y no solo al poseedor de vehículo privado.

La priorización del peatón y la bicicleta permiten el desarrollo de una movilidad urbana con mayor equidad y sostenibilidad (Ministerio de Transportes de Colombia, 2016). Pucher, Dill & Handy (2010) indican en su estudio que la política pública juega un papel fundamental en la promoción de la bicicleta. Además, un plan de movilidad ciclista es exitoso cuando se logran aumentar la cantidad de viajes en bicicleta (ITDP, 2011). Por otro lado, es preocupante el bajo uso de la bicicleta en el GAM, que corresponde solamente al dos por ciento de los viajes de acuerdo con L.C.R. Logística (2007).

A pesar de la importancia de incorporar la bicicleta en el desarrollo de políticas de movilidad, la cantidad de información relacionada con estudios de movilidad en bicicleta en el país era muy limitada al momento de realizar el estudio. La documentación disponible incluía a los estudios de Dobles (1981) y Fonseca (2010) que analizaron la movilidad en bicicleta en los alrededores de la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica y el estudio de Machado (2010) que investigó la demanda potencial de viajes en bicicleta para el GAM.

De acuerdo con ITDP (2011) y Acuña-Leiva, Hernández-Vega, Jiménez-Romero, Zamora-Rojas y Loría-Salazar (2016) es necesario generar un diagnóstico de la movilidad en bicicleta que permitan determinar las necesidades de los ciclistas para así generar un diseño apropiado de una red de movilidad en bicicleta.

La zona de estudio incluye los distritos San Francisco, Guadalupe y Quebradilla, del cantón Cartago, y los distritos Tobosi y Tejar, del cantón El Guarco. Al iniciar el proyecto se deseaba saber si era posible caracterizar la movilidad en bicicleta en la zona analizada. En la región estudiada existen muchos centros industriales y agroindustriales, los cuales son atractores de viajes, como por ejemplo, el Parque Industrial de Cartago, Central Veterinaria, Kimberly Clark, entre otras. En este sector se observó una cantidad considerable de ciclistas, sin tener ningún tipo de facilidad

en infraestructura para sus viajes. Esto constituye la razón principal por la que se efectuó este estudio en esta zona del Valle de El Guarco. Por ejemplo, en la figura 1 se muestra el parqueo de bicicletas en la Jardinería Linda Vista en Barrancas de Tobosi, que evidencia la presencia de muchos ciclistas en este centro de trabajo.

El sector industrial de Cartago, ubicado en el distrito Guadalupe, unido a todos los centros de población cercanos es una región que, por las características de uso de suelo, la topografía plana y además la disponibilidad de espacio en los márgenes de las calles, debe ser especialmente analizada para la construcción de ciclovías o facilidades para ciclistas. Esto alentaría el uso de la bicicleta, además de beneficiar a los ciclistas que ya están presentes.

Figura 1. Parqueo para bicicletas en Jardinería Linda Vista. Barrancas, El Guarco



Fuente: Fotografía propia (Octubre, 2014)

Previo al desarrollo de este trabajo, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) realizó un estudio en el cual se cuentan la cantidad de ciclistas y vehículos a la salida del Parque Industrial de Cartago; indica que en las tres horas pico, es decir en las horas de mayor volumen,

transitan 653 ciclistas (MOPT, 2008). La Municipalidad de Cartago ha efectuado estudios de monitoreo del uso de la ciclovía de Cartago; sin embargo, en la zona de estudio no se han efectuado investigaciones relacionadas con los patrones de movilidad en bicicleta.

Esta investigación pretende caracterizar la movilidad en bicicleta en la zona con el fin de proponer una red de movilidad que podría ser utilizada por los ciclistas si se les brinda la adecuada infraestructura, para que tengan mejores condiciones de viaje, y así se aumenten la cantidad de viajes en bicicleta.

Además, se consultaron diferentes planes y estrategias de movilidad de diferentes lugares: Cantabria, España (Gobierno de Cantabria, 2012), Madrid, España (Ayuntamiento de Madrid, 2008), Vitoria-Gasteiz, España (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, s.f), Los Ángeles, Estados Unidos (Los Angeles Department of City Planning, 2011), Australia (Australian Bicycle Council, 2010), Ciudad de México (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2012), Santiago, Chile (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, s.f. y 2012), Calgary, Canadá (City of Calgary, 1997) y Holanda (CROW, 2006).

Metodología

A continuación se explica el método seguido para el desarrollo del estudio.

Diseño

El diseño del estudio está basado en tres componentes principales: 1) caracterización geográfica de la zona incluyendo la identificación de potenciales zonas de origen y destino de viajes en bicicleta considerando la topografía, 2) conteos de bicicletas con equipo automático, conteos manuales en intersecciones y 3) encuestas origen-destino.

Inicialmente se tomaron mapas con curvas de nivel para identificar las zonas con pocas pendientes (zonas relativamente planas) que conforman el Valle de El Guarco, ya que estas constituyen condiciones muy favorables para transportarse en bicicleta. Posteriormente se reconocieron las vías y los potenciales puntos de origen y destino de los viajes en la zona.

Para la caracterización de los volúmenes de ciclistas se realizaron conteos automáticos, los cuales consisten en el uso de equipo contador de

bicicletas, que está compuesto por un dispositivo que cuenta con dos tubos neumáticos (mangueras) que se colocan perpendiculares al flujo de tráfico. El equipo puede detectar bicicletas e ignorar el paso de vehículos motorizados.

Los conteos manuales consistieron en registrar la cantidad de bicicletas que realizan los distintos movimientos posibles en una intersección. Se contaron la cantidad de bicicletas que atraviesan varias intersecciones, con el fin de observar las tendencias de movilidad ciclista, conociendo así, los movimientos que más se realizan y los volúmenes en distintos períodos del día.

La composición urbana al este de la zona de estudio, con múltiples vías y cuadrantes, hace que los conteos de bicicletas en esa zona se encuentren fuera del alcance de este estudio. Por esta razón, se procedió a realizar encuestas origen-destino en tres puntos estratégicos que comunican el sector oeste estudiado con el sector este, de manera que se pueda caracterizar la movilidad hacia la región este. En esta encuesta sólo se le preguntó al ciclista el origen y el destino de su viaje, por lo que se le llamó “encuesta simplificada”.

Se efectuó una encuesta pormenorizada en el punto en que se reportó mayor cantidad de ciclistas en los conteos; esta encuesta permitió caracterizar al usuario ciclista, tomando además de orígenes y destinos de los viajes, algunas características del usuario como género y edad, motivos de viaje, características de conducción, motivos de utilización de la bicicleta, entre otras opiniones personales relacionadas con la movilidad. A esta encuesta se le llama “encuesta detallada”.

Población

La definición de los sectores poblados del Valle de El Guarco definió el marco de la zona de estudio, ya que se espera la mayor presencia de ciclistas en las zonas más planas. También la subdivisión de los sectores involucrados permitió la identificación de los distintos puntos a ser origen y destino de los ciclistas, que definen el área muestral de la investigación.

La caracterización de la movilidad ciclista mediante conteos representa a los actuales ciclistas, no así a los potenciales ciclistas (usuarios adicionales que podrían verse atraídos a utilizar la bicicleta en caso de que la infraestructura en el sector sea cicloamigable). Los conteos automáticos se realizaron colocando el equipo en la vía durante un lapso de al menos una semana. Los conteos manuales se efectuaron en un día aleatorio, entre

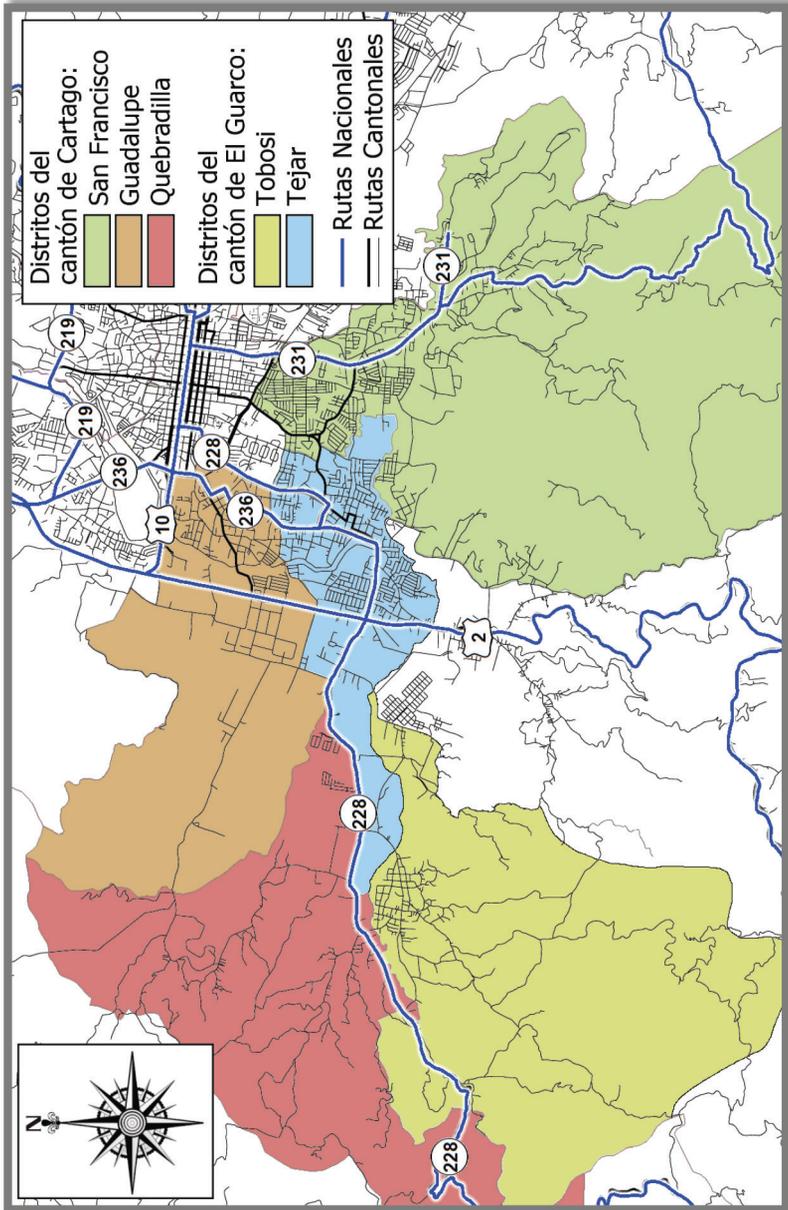
martes y jueves, en los períodos pico de dos horas, reportados por los conteos automáticos, los cuales fueron entre 5:00 y 7:00 en la mañana y entre 3:30 y 5:30 en la tarde.

Dado que muchos ciclistas se dirigían a sus centros de trabajo durante la mañana contaban con una limitada disponibilidad de tiempo, la encuesta origen-destino simplificada se efectuó deteniendo al ciclista para preguntarle únicamente su lugar de origen y de destino de manera que fuese más práctico obtener resultados por parte de los usuarios. La encuesta detallada se desarrolló en el punto de mayor cantidad de ciclistas por día, reportado por los conteos. No se hicieron encuestas a la población potencial a usar la bicicleta como medio de transporte.

Entorno

El estudio de la movilidad ciclista se llevó a cabo a lo largo de las rutas cantonales y nacionales que se ubican de los distritos San Francisco, Guadalupe y Quebradilla, pertenecientes al cantón Cartago, y en los distritos Tobosi y Tejar del cantón El Guarco, centrándose en las zonas que se encuentran en el Valle de El Guarco. En la figura 2 se muestran los distritos involucrados, así como las vías en la zona, tanto las rutas cantonales como las rutas nacionales.

Figura 2. Distritos involucrados y vías en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia (2016).

Para la selección de las estaciones de conteo automático y manual, se tomaron ubicaciones consideradas importantes, como en rutas nacionales o calles en puntos estratégicos cercanos al centro de la zona de estudio ya que se determinó que es ahí donde se ubican los generadores de viajes más importantes.

Aforos ciclistas

Los conteos ciclistas son importantes para planear y operar una red de infraestructura ciclista; dado que permiten identificar donde el uso actual, y su potencial aumento, son altos. Además, son de utilidad para analizar patrones de viajes específicos, entre otros (AASHTO, 2012).

En la figura 3 se muestra el equipo de tubos neumáticos utilizado en el conteo automático de bicicletas. Como se observa en la imagen, se instala la caja del contador junto a algún objeto fijo en la vía (en este caso un poste de concreto), y se colocan dos mangueras separadas a 30 cm de lado a lado de la calle. El contador posee un sistema interno que almacena los datos de volumen ciclista durante las 24 horas del día. La ubicación de los contadores automáticos tiene que ajustarse a que en el sitio se garantizará una fluidez del tránsito la mayor cantidad del tiempo y otros criterios técnicos para requeridos para su adecuada colocación.

Figura 3. Contador automático de tubos neumáticos



Fuente: Fotografía propia (2016).

A partir de la información recolectada en los conteos automáticos, la mayoría de los puntos de conteo fueron recopilados en al menos una semana, se caracterizó para cada punto la variación del flujo a distintas horas del día y en los diferentes días de la semana. Se obtuvo el promedio de cantidad diaria de bicicletas en cada punto para el día típico laboral y también se calculó el volumen de estas en los períodos pico de dos horas para la mañana y para la tarde. Con la información del comportamiento del flujo ciclista en las intersecciones, se confeccionaron imágenes que representan los volúmenes de cada movimiento, tanto para el período pico de dos horas de la mañana como para la tarde.

De igual forma se asignaron los volúmenes diarios en cada punto y en cada período pico de dos horas; con estos valores se determinó el porcentaje de bicicletas presentes en dichos períodos respecto al total diario. Con este porcentaje y con los volúmenes en períodos pico de dos horas de las intersecciones de conteo manual, se estimó el total diario en cada corredor de la intersección. De esta manera se asignaron los flujos diarios de ciclistas y se desarrollaron los mapas de movilidad ciclista en la red a partir de la información disponible.

Se construyeron tres mapas de flujos ciclistas, los de volúmenes diarios, de volúmenes en período pico de la mañana y los de período pico de la tarde; dichos mapas permiten observar las tendencias de movilidad en la zona de estudio.

Encuestas

Los resultados de las encuestas permiten tener un mejor entendimiento de las necesidades y características de los usuarios en bicicleta (Moritz, 1997). Los tres puntos seleccionados para la encuesta origen-destino simplificada se definieron en los puentes sobre el río Reventado dentro de la zona de estudio, ya que estos constituyen el único paso de este a oeste en la zona, de manera que se estudien todos los ciclistas que viajan al este de la zona donde se realizaron los conteos.

En la figura 4 se observa que solamente hay tres puntos sobre el río Reventado (puntos 1, 2 y 3) que comunican la zona de la parte industrial y rural al oeste, con la parte urbana al este. Estos puntos fueron seleccionados para realizar las encuestas simplificadas. El Punto 4 fue escogido para la encuesta de caracterización al usuario.

Figura 4. Puntos de encuesta y ubicación del río Reventado en la zona de estudio



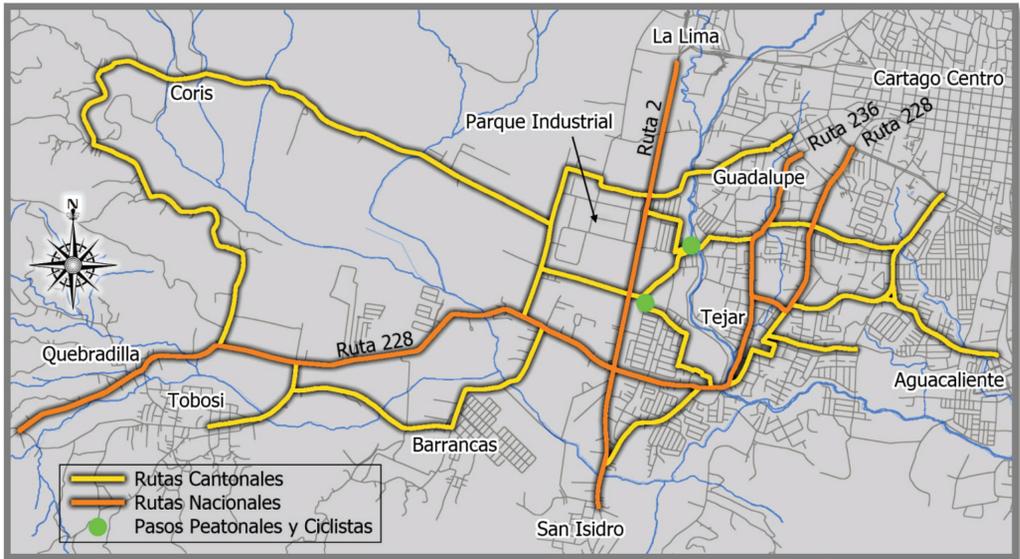
Fuente: Elaboración propia (2016).

Resultados

El principal resultado generado en esta investigación fue la red de movilidad ciclista trazada a lo largo de toda la zona de estudio. El trazado de la red se fundamentó en la identificación de zonas que generan viajes en bicicleta, su ubicación en una región considerablemente plana, y la caracterización de la actual movilidad ciclista mediante los volúmenes de bicicletas estimados. El resultado de la red de movilidad desarrollada en este estudio se muestra en la figura 5.

En el mapa de la figura 5 se muestra en color amarillo las vías de la red de rutas ciclistas que corresponden a rutas cantonales; en anaranjado se representan las vías que se encuentran en las rutas nacionales, incluyendo la Ruta Nacional 2, la Ruta Nacional 228 y la Ruta Nacional 236. Se observa en la imagen que la configuración de la red comunica coherentemente las distintas zonas generadoras de viajes, teniendo cercano a su centro el sector industrial que es el principal destino de viajes en la zona.

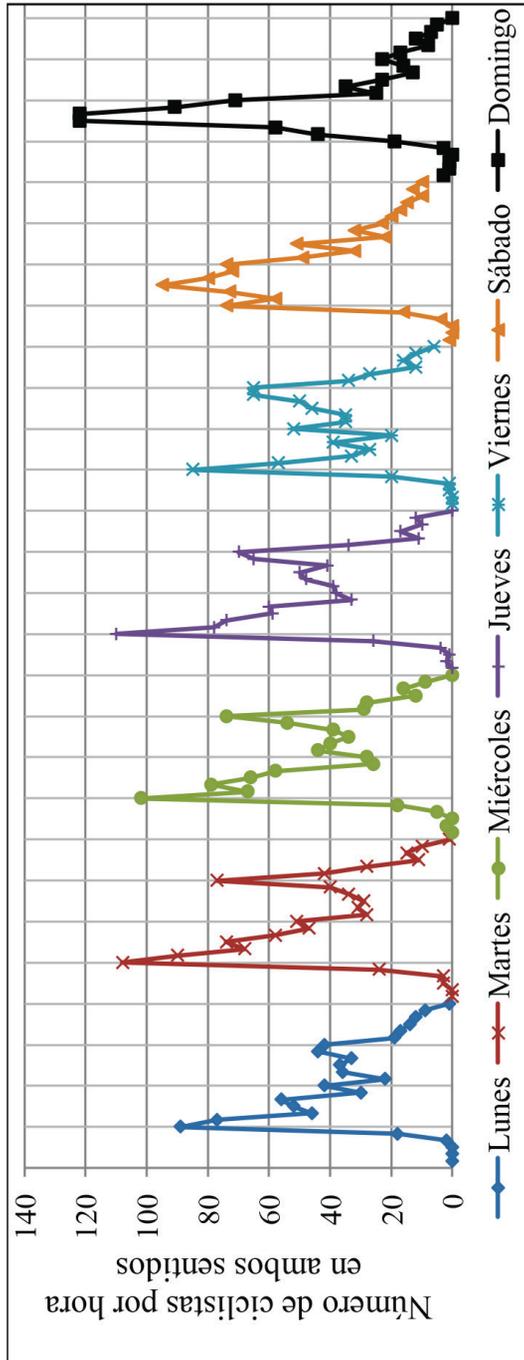
Figura 5. Red de movilidad ciclista en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia (2016).

La figura 6 muestra la distribución de cantidad de viajes en la semana para uno de los puntos de conteo automático. En el gráfico se evidencia la similitud del comportamiento diario de los viajes en bicicleta en los días laborales (Lunes a Viernes), variando en los fines de semana por la presencia de muchos ciclistas recreativos, principalmente el día domingo. Este comportamiento fue similar en todos los puntos de conteo automático. El primer pico se da cercano a las 6:00 de la mañana y corresponde a viajes hacia los centros de trabajo ubicados principalmente en el sector industrial, y el pico de la tarde corresponde al regreso hacia las zonas de residencia.

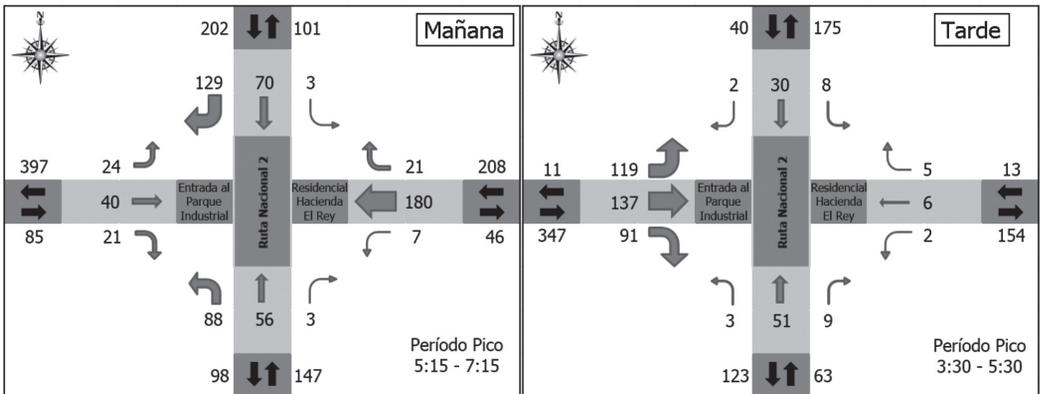
Figura 6. Comportamiento de los viajes en bicicleta a lo largo de la semana en punto de conteo (a partir de datos recopilados durante el segundo semestre del 2015)



Fuente: Elaboración propia (2016).

La figura 7 provee un ejemplo de los resultados obtenidos en los conteos manuales en intersecciones, se tienen datos para el período pico de la mañana y de la tarde. Los conteos manuales permiten tener una información más detallada de los patrones de movilidad en las intersecciones.

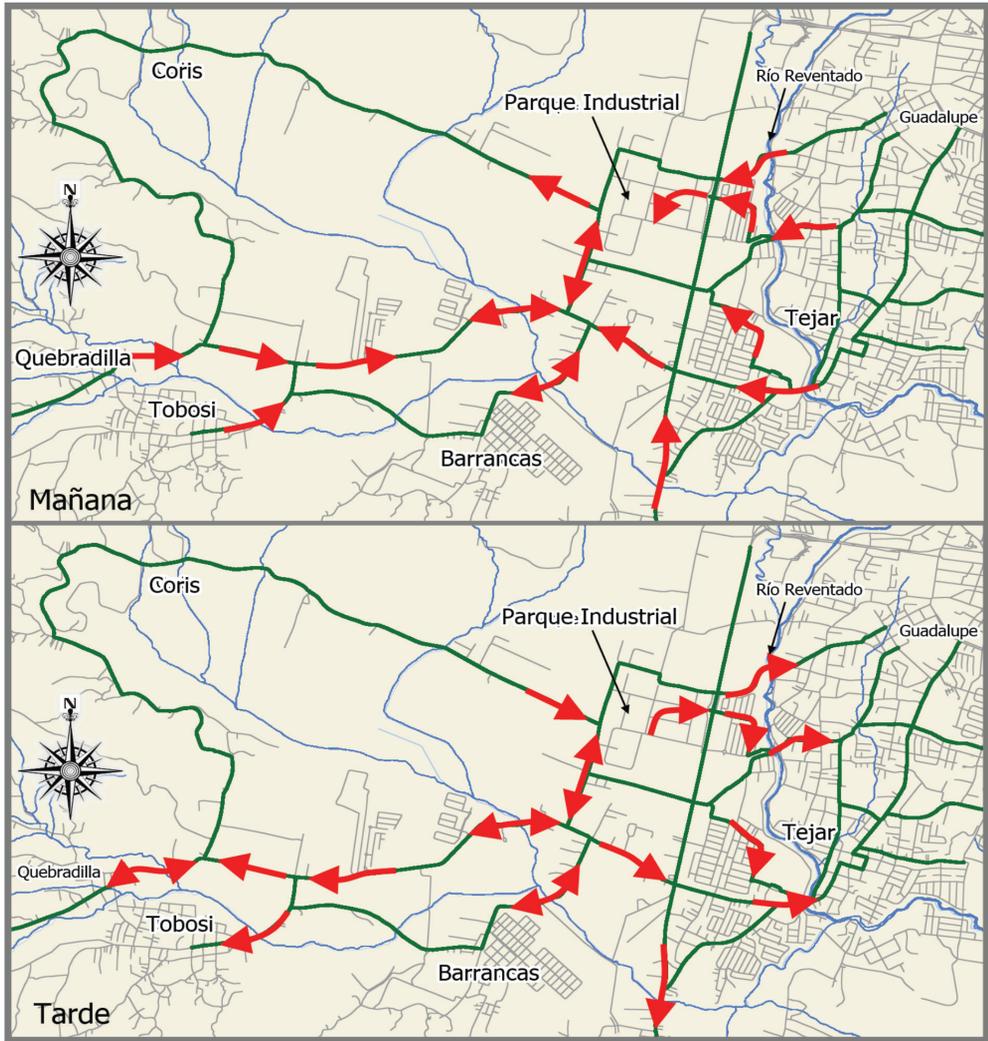
Figura 7. Resultados de conteos manuales en intersección frente a entrada al Parque Industrial (a partir de datos recopilados durante el segundo semestre del 2015)



Fuente: Elaboración propia (2016).

La figura 8 indica las tendencias que existen en la movilidad ciclista en la mañana y en la tarde para días entre semana. En la mañana los viajes se dan hacia los centros de trabajo ubicados en el Parque Industrial y alrededores, y en la tarde en dirección contraria hacia los poblados como Tobosi, Tejar o Guadalupe.

Figura 8. Tendencias de movilidad para días promedio entre semana de los viajes en bicicleta en la zona de estudio

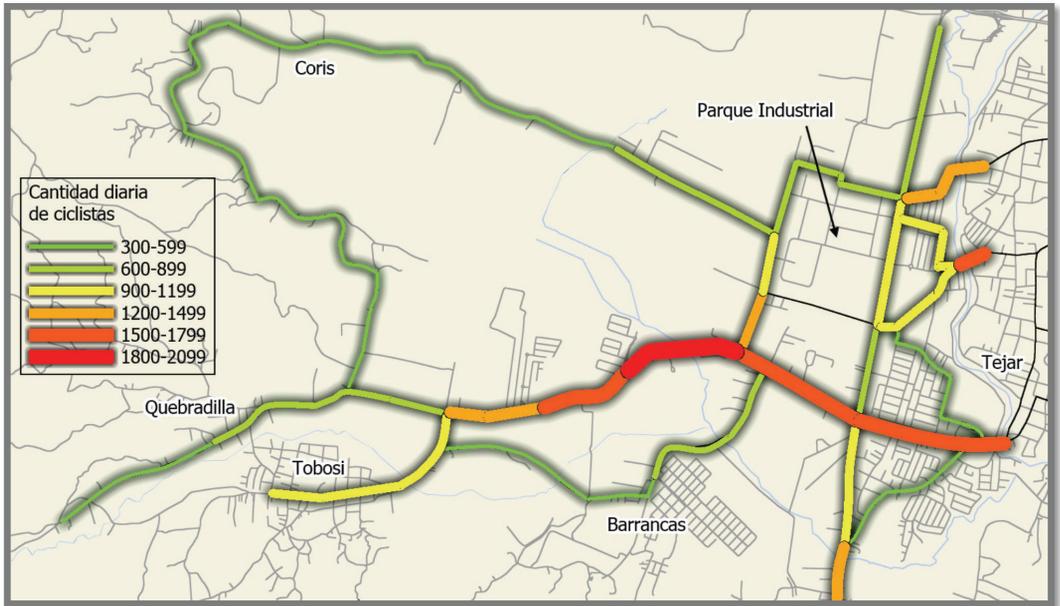


Fuente: Elaboración propia (2016).

Los resultados de la estimación de volúmenes diarios de bicicletas, a partir de conteos automáticos y manuales se encuentran representados en la figura 9. De acuerdo con esta, la Ruta Nacional 228 presenta una cantidad cercana a los 2000 ciclistas diarios; además en algunas vías cercanas al

Parque Industrial se reportaron entre 900 y 1200 ciclistas. En los corredores que se dirigen hacia el sector este se estimó una cantidad considerable de ciclistas; se realizan entre 1250 viajes en el puente norte, y alrededor de 1650 en cada uno de los puentes al sur.

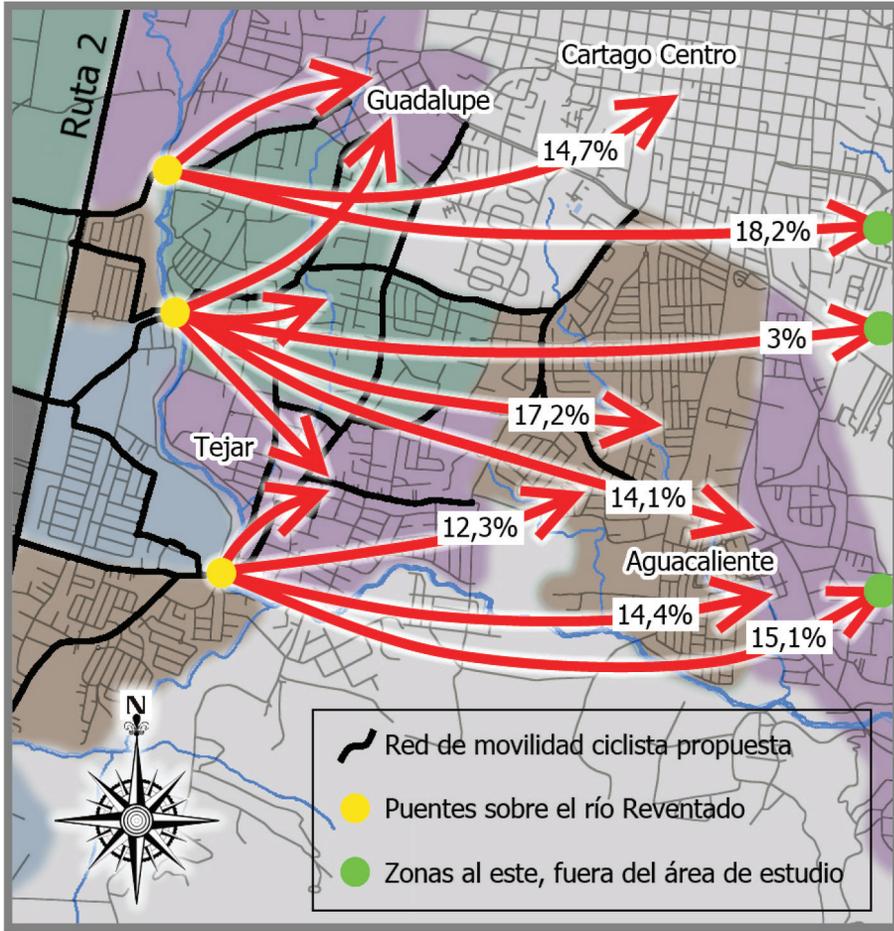
Figura 9. Volúmenes diarios para días promedio entre semana de bicicletas estimados a partir de conteos



Fuente: Elaboración propia (2016).

A partir de la encuesta origen-destino en los puentes sobre el río Reventado, se desarrolló la imagen que se presenta a continuación en la figura 10, la cual muestra una síntesis de los sectores más frecuentados como destinos, para la caracterización de los viajes hacia el este.

Figura 10. Principales orígenes y destinos al este de la zona con conteos de ciclistas.



Fuente: Elaboración propia (2016).

Los resultados de las encuestas mostraron que un alto porcentaje de las zonas de destino hacia el este corresponden al centro de Guadalupe, el centro de Tejar y los barrios cercanos a estos centros urbanos. Los viajes que se dirigen a la zona de Cartago centro, sectores residenciales al norte de San Francisco, Aguacaliente, y las zonas al este del área de estudio, son viajes que recorren toda la red ciclista propuesta en el lado este del río Reventado. Sobre el puente norte se estiman 410 viajes diarios que atraviesan

la red propuesta, en el puente central se estiman 572 viajes diarios atravesando la red, y sobre el puente sur se estiman 681 viajes en bicicleta.

Dado que los aforos de ciclistas se realizaron al oeste del río Reventado las encuestas simplificadas permitieron tener el desglose de la distribución de los viajes en tres puntos ubicados en puentes sobre este río. En la encuesta simplificada únicamente se hicieron las preguntas ¿de dónde viene? y ¿hacia dónde va? Esto permitió obtener una distribución de los viajes por orígenes o destinos en los diferentes puntos y proyectar los viajes aforados al este de la zona de estudio tal como se muestra en las figuras 11, 12 y 13. La encuesta detallada también permitió contar con información sobre los orígenes y destinos en el sector de la calle La Rueda (ver Figura 14).

El tamaño de la muestra se calculó con la ecuación propuesta por Ortúzar (2000):

$$n \geq \frac{p(1-p)}{\left(\frac{e}{z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}}$$

donde:

n: tamaño de muestra a encuestar.

p: proporción de viajes con un destino determinado.

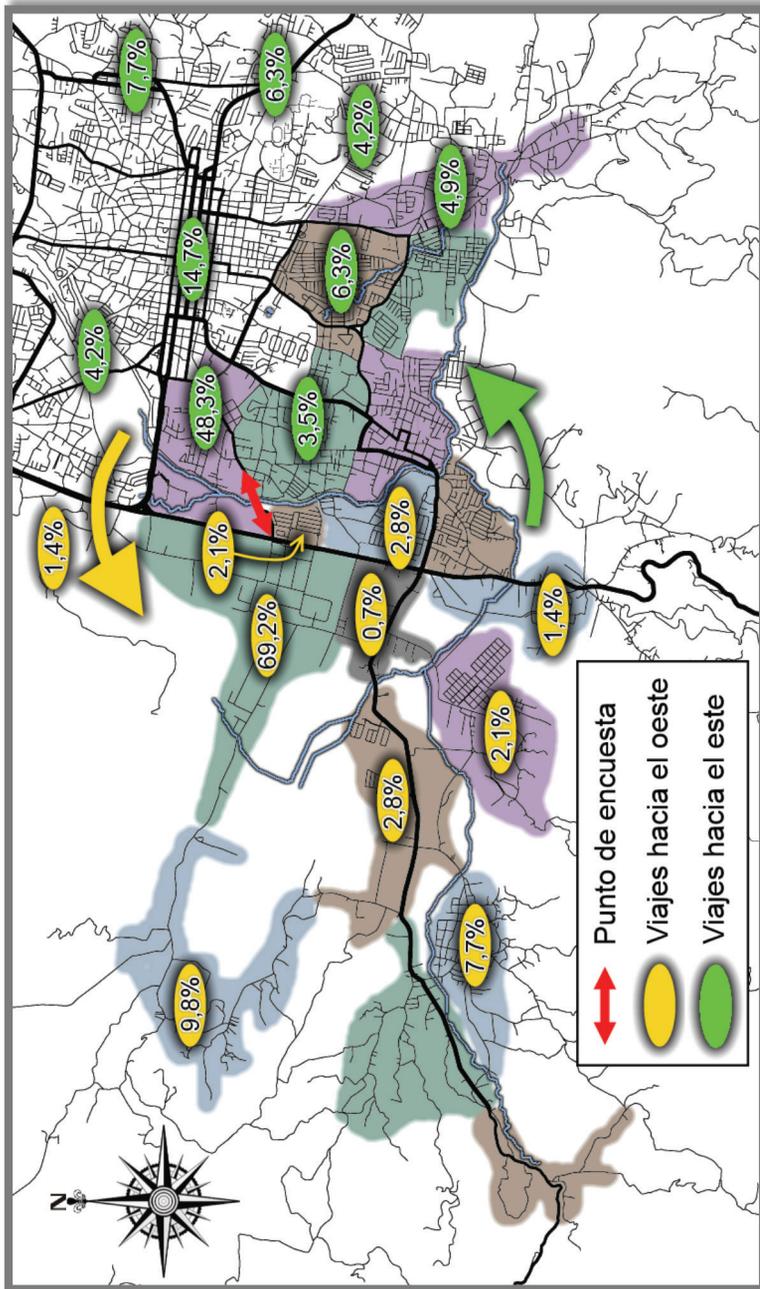
e: nivel aceptable de error.

z: variable normal estándar para el nivel de confianza requerido.

N: población total (volumen de ciclistas).

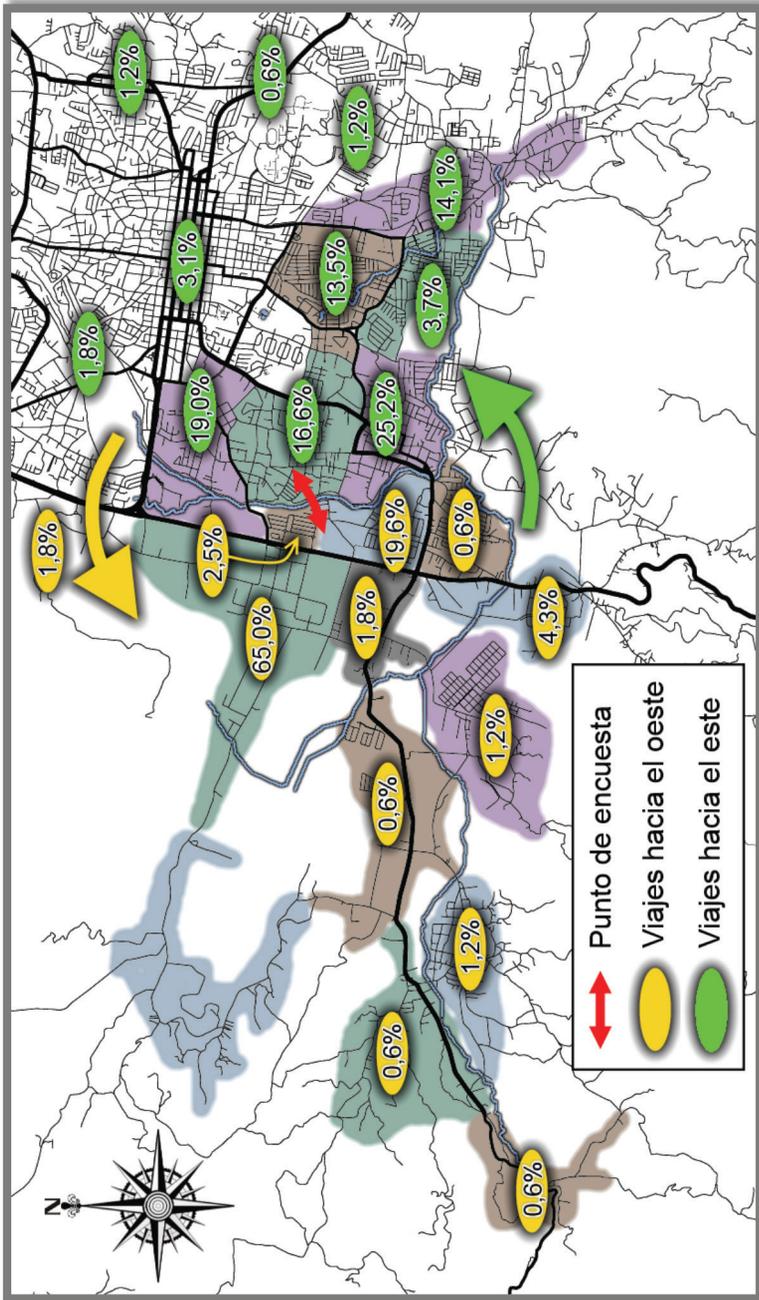
En total se realizaron 446 encuestas simplificadas donde la información brindada por los ciclistas se centró en sus orígenes y destinos y 74 encuestas detalladas.

Figura 11. Porcentajes de viajes a orígenes o destinos en el punto de encuesta 1.



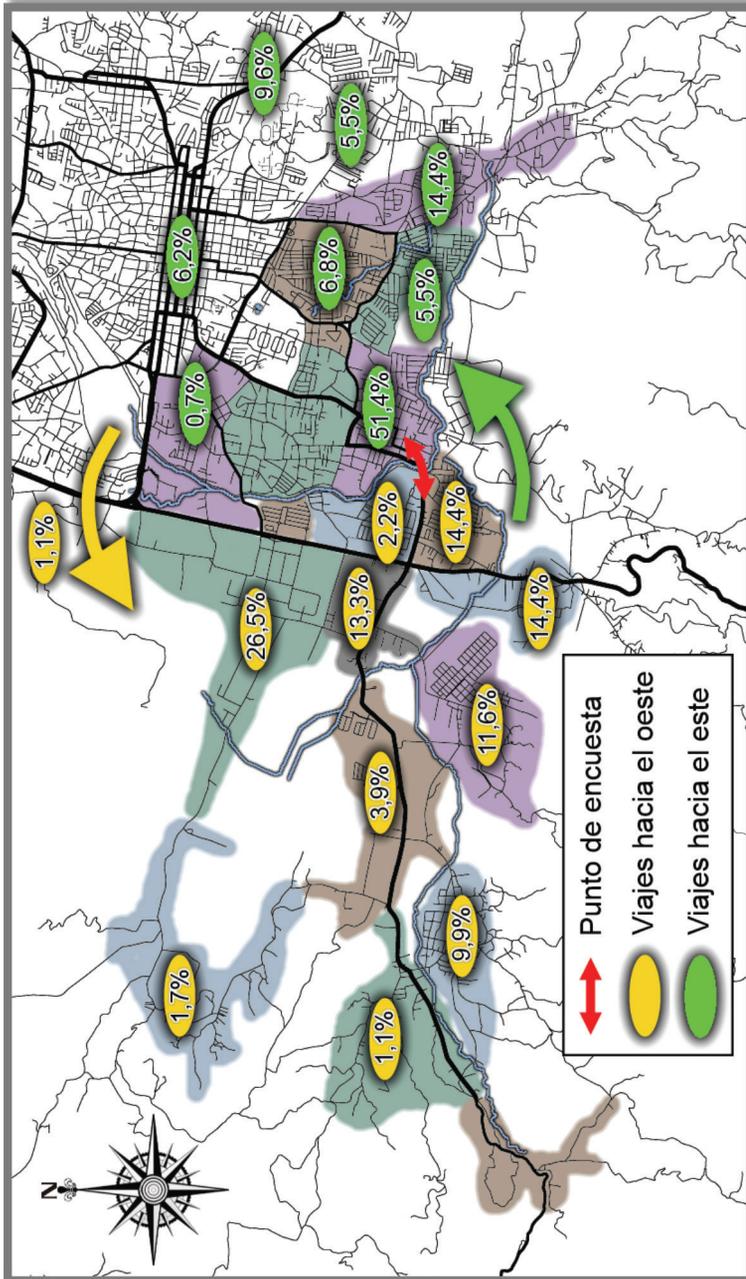
Fuente: Elaboración propia (2016).

Figura 12. Porcentajes de viajes a orígenes o destinos en el punto de encuesta 2.



Fuente: Elaboración propia (2016).

Figura 13. Porcentajes de viajes a orígenes o destinos en el punto de encuesta 3.



Fuente: Elaboración propia (2016).

La encuesta detallada se realizó en el sector conocido como Calle La Rueda en la Ruta Nacional Número 228. El 71 % de las respuestas obtenidas corresponden a ciclistas, los cuales se encuentran entre los 20 y 40 años de edad (ver Tabla 1), en su gran mayoría del género masculino.

Tabla 1. Edades de los usuarios de bicicleta en la zona (n=74)

Rango de Edad (años)	%
20 o menos	4
21 - 30	49
31 - 40	22
41 - 50	17
51 - 60	5
Más de 60	3

Fuente: Elaboración propia (2016).

De acuerdo con la Tabla 2, un 67 % de los encuestados únicamente cuentan con educación primaria. El 27,6 % indicaron que sus núcleos familiares tienen un ingreso económico mensual inferior o igual a los 200 mil colones, un 65,8 % proviene de núcleos familiares con un ingreso económico entre los 200 a los 400 mil colones, y solamente un 6,7 % de los encuestados cuenta con ingresos superiores a los 400 mil colones. Únicamente el 15 % de los ciclistas encuestados dijo poseer licencia de conducir.

Tabla 2. Escolaridad de los usuarios de bicicleta en la zona (n=74)

Escolaridad	%
Primaria Incompleta	9
Primaria Completa	58
Secundaria Completa	30
Técnico	3
Universitaria	0

Fuente: Elaboración propia (2016).

El 98,7 % de los encuestados son de género masculino. Por otro lado, en algunas zonas como los centros de distrito se puede observar una mayor presencia de usuarios del género femenino, pero siempre en proporciones muy pequeñas.

Un 96 % de los ciclistas revelaron que el trabajo era su propósito de viaje en bicicleta y el 93 % de los encuestados laboran al menos una jornada laboral completa. El 97 % utilizan la bicicleta al menos cinco días en la semana y el 70 % la utiliza bicicleta desde hace más de 10 años. Los ciclistas en la zona, en términos generales, no utilizan equipo de seguridad como casco y chaleco en sus viajes.

Discusión

Los datos recopilados en las encuestas indican que actualmente esta alternativa de transporte es utilizada solamente por un sector de la población, por ejemplo la cantidad de mujeres en bicicleta era reducido. Este modo de transporte debe estar al alcance de todos, sin importar género y edad. Además, se evidencia que en una gran mayoría la bicicleta se utiliza principalmente para ir a trabajar.

Es alarmante que en algunos puntos de la Ruta Nacional 2 se den actualmente hasta 1 300 viajes diarios en bicicleta, considerando que esta ruta nacional primaria no posee ningún tipo de infraestructura para el ciclista, las altas velocidades que se pueden presentar en la ruta y el paso frecuente de vehículos pesados.

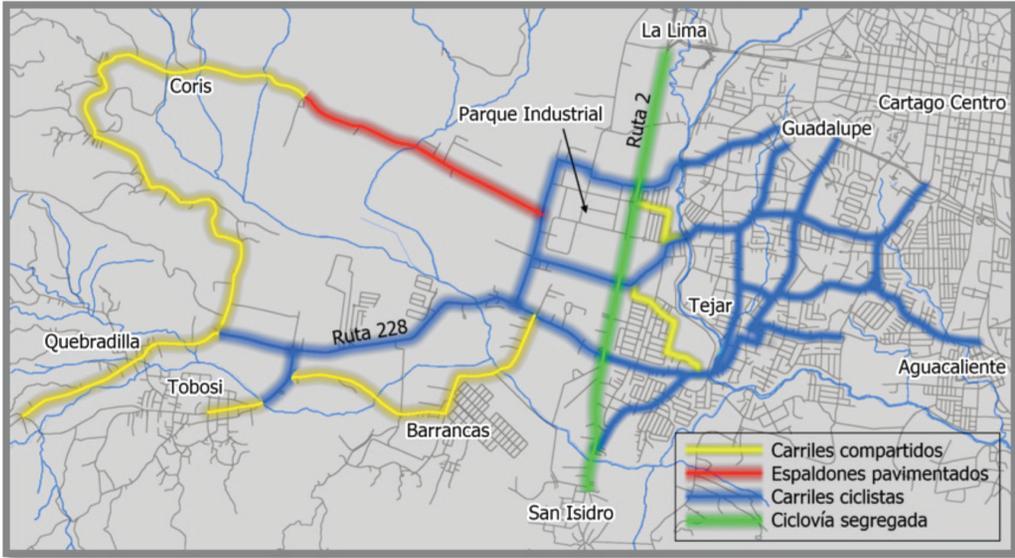
En las horas de la mañana se evidenció una tendencia en la movilidad ciclista en dirección hacia los centros de trabajo concentrados en la zona industrial, ubicados principalmente en el distrito de Guadalupe de Cartago, al oeste de la Ruta Nacional 2. En la tarde la tendencia de movilidad se da en dirección hacia las poblados o zonas residenciales en la periferia de dicha zona industrial.

Cerca de 2 000 ciclistas transitando por día se reportaron en la Ruta Nacional 228 en las cercanías de barrio Sabana Grande hacia el oeste; constituye la vía con más cantidad de viajes en bicicleta en la red de movilidad.

Existen numerosas formas de diseñar la infraestructura y facilidades para ciclistas; en Costa Rica se debe promover cada vez más el desarrollo de conocimiento relacionado con el transporte en bicicleta para fomentarlo.

La red de movilidad propuesta, es el conjunto de rutas que actualmente utilizan los ciclistas. A través de estas rutas se unen coherentemente los puntos más frecuentados para ser origen o destino en la zona. En la figura 15 se presenta la recomendación de infraestructura ciclista a adoptar en las distintas vías de la zona.

Figura 15. Tipos de infraestructura propuesta para las vías en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia (2016).

La infraestructura ciclista recomendada concuerda con los criterios de la Guía de Diseño y Evaluación de Ciclovías para Costa Rica (Acuña-Leiva, Hernández-Vega, Jiménez-Romero, Zamora-Rojas y Loría-Salazar, 2016). Por ejemplo, la ciclovía segregada se recomienda debido a las características funcionales de la Ruta Nacional 2, como la alta velocidad de los vehículos y alto porcentaje de vehículos pesados, en la zona de estudio.

El hecho de observar la gran cantidad de ciclistas que transitan actualmente en la zona y la falta de facilidades para ciclistas, a pesar de la disponibilidad de espacio en los márgenes de las calles, es preocupante. Los resultados del presente estudio podrían motivar a la administración para promover la movilidad no motorizada de la zona, considerando que es una región plana propicia para la movilidad en bicicleta.

Es recomendable la construcción de aceras paralelas a la construcción de la infraestructura ciclista recomendada con el fin de proveer una adecuada red de movilidad peatonal, dado que la infraestructura para peatones es deficiente en la zona.

De acuerdo con Pucher, Dill & Handy (2010), para lograr un incremento en la cantidad de viajes en bicicleta se requiere un paquete integral de intervenciones que no solamente se enfocan a la intervención de la infraestructura, por lo que las recomendaciones del presente estudio deben de complementarse con medidas que van desde la construcción de parqueos para bicicletas hasta campañas de educación para ciclistas y conductores.

Solamente en los puentes sobre el río Reventado se registraron 1 600 viajes diarios cuyo origen o destino se encuentra al este, atravesando toda la red de movilidad propuesta; este número no incluye a los ciclistas que se mueven internamente en el sector este.

Los ciclistas encuestados corresponden a usuarios jóvenes y mayoritariamente hombres, cuyo propósito de viaje es el trabajo. Este tipo de usuario pertenece a un estrato socioeconómico específico, con escolaridad baja en su mayoría. El usuario utiliza la bicicleta regularmente y en su mayoría es ciclista experimentado con más de 10 años de uso de la bicicleta. Muy pocos usuarios utilizan equipo de seguridad en sus viajes, como casco y chaleco reflectante.

En general las vías pertenecientes a la red de movilidad, presentan características espaciales que permitirían adoptar infraestructura en favor del transporte en bicicleta, como carriles ciclistas, espaldones pavimentados y ciclovías segregadas.

Los perfiles de los usuarios actuales de la bicicleta permitiría identificar zonas potenciales donde existan usuarios con perfiles similares a los identificados y planificar la movilidad a futura tomando en cuenta los futuros desarrollos industriales y residenciales esperados en la zona.

Referencias

- AASHTO (2012). *Guide for the Development of Bicycle Facilities*. Fourth Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials. Estados Unidos.
- Acuña-Leiva, R., Hernández-Vega, H., Jiménez-Romero, D., Zamora-Rojas, J. y Loría-Salazar, L. G. (2016). *Guía de diseño y evaluación de ciclovías para Costa Rica*. Programa Infraestructura del Transporte. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica.

- Australian Bicycle Council (2010). *The Australian National Cycling Strategy 2011-2016*. Austroads. Sydney Australia.
- Ayuntamiento de Madrid (2008). *Plan Director de Movilidad Ciclista de Madrid*. Dirección General de Planificación del Área de Obras y Espacios Públicos del Ayuntamiento de Madrid. Recuperado de: <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Ayuntamiento/Movilidad-y-Transportes/Oficina-de-la-bici/Plan-Director-de-Movilidad-Ciclista?vgnextfmt=detNavegacion&vgnextoid=09bceca83e67a110VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgnnext>
- Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz (s.f.). *Plan Director de Movilidad Ciclista de Vitoria-Gasteiz 2010-2015*. España. Recuperado de: <http://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/http/contenidosEstaticos/adjuntos/es/45/63/34563.pdf>
- Canadian Institute of Transportation Engineers (2004) *Promoting Sustainable Transportation Through Site Design*. An ITE Proposed Recommended Practice. Institute of Transportation Engineers. Estados Unidos de América.
- City of Calgary (1997). *The Calgary Cycle Plan (1996)*. Transportation Department. Canadá. Recuperado de: <http://www.calgary.ca/Transportation/TP/Pages/Cycling/Cycling-Strategy/Calgary-Cycle-Plan.aspx>
- CROW (2006). *Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas*. Holanda. Recuperado de: http://www.ciclovida.ufpr.br/wp-content/uploads/2011/07/bpp_pdf/Manual%20Dise%C3%B1o%20Tr%C3%A1fico%20Bicicletas%20%5BCROW%5D.pdf
- Dobles, M. (1981). *Circulación en bicicleta en el área metropolitana de San José*. Proyecto de investigación. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica
- Fonseca, F. (2010). *Evaluación de la factibilidad de la implementación de ciclo vías para la movilización de estudiantes hacia la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio*. Informe final de trabajo final de graduación. Universidad de Costa Rica
- Gobierno de Cantabria (2012). *Plan de Movilidad Ciclista de Cantabria*. Consejería de Medio Ambiente. España. Recuperado de: <http://www.cantabria.es/web/pmcc/documentacion>

- Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (sin fecha). *El Plan Maestro de Ciclo Rutas del Bicentenario*. Chile. Recuperado de: <http://www.paho.org/blogs/dds-sociedadcivil/wp-content/uploads/2011/09/CicloRutasBicentenario.pdf>
- Gobierno Regional Metropolitano de Santiago (2012). *Revisión y Actualización del Plan Maestro de Ciclovías y Plan de Obras*. Chile.
- ITDP (2011). *Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas (Tomos I, II, III, IV, V y VI)*. Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo. México DF, México. Recuperado de <http://www.ciclociudades.org/>
- Laverty, A. A., Mindell, J. S., Webb, E. A., & Millett, C. (2013). Active travel to work and cardiovascular risk factors in the United Kingdom. *American Journal of Preventive Medicine*, 45(3), 282-288.
- L.C.R. Logística S.A. (2007). *Estudio de oferta y demanda de transportes de la GAM. Informe Final. Tomo I. Modelo de Demanda - Oferta de Transporte Urbano en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica*. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, PRUGAM. San José, Costa Rica.
- Los Angeles Department of City Planning (2011). *2010 Bicycle Plan: A component of the city of Los Angeles transportation element*. Estados Unidos. Recuperado de: <http://planning.lacity.org/cwd/gnlpln/transelt/NewBikePlan/Txt/LA%20CITY%20BICYCLE%20PLAN.pdf>
- Machado, R. (2010). *Modelización de la demanda potencial de viajes en bicicleta en la Gran Área Metropolitana*. Informe final de trabajo final de graduación. Universidad de Costa Rica.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. (C. Pardo & A. Sanz, Eds.). Bogotá D.C.: Ministerio de Transporte de Colombia.
- MOPT (2008). *Informe DGIT-ED-2215-2008 Solicitud para la instalación de facilidades para ciclistas sobre la Ruta Nacional Primaria N° 2 en las inmediaciones de la Zona Franca de Cartago y del Restaurante El Quijongo en El Guarco, Cartago*. Dirección General de Ingeniería de Tránsito. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Costa Rica.

- Moritz, W. (1997). Survey of North American bicycle commuters: design and aggregate results. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1578), 91-101.
- Ortúzar, J. (2000). *Modelos de Demanda de Transporte*. México: ALFAOMEGA S.A.
- Otoya. (2009). Estimación económica de las principales deseconomías presentes en el Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica. *Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 13, 15-27.
- Pucher, J., Dill, J., & Handy, S. (2010). Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review. *Preventive medicine*, 50, S106-S125.
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (2012). *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México*. Recuperado de: <http://martha.org.mx/una-politica-con-causa/wp-content/uploads/2013/09/10-Estrategia-Movilidad-en-Bicicleta.pdf>
- Torres, M. (2016) *Estudio de la movilidad ciclista en los distritos de San Francisco, Guadalupe y Quebradilla del cantón de Cartago, y los distritos de Tobosi y Tejar del Cantón de El Guarco*. Informe final de trabajo final de graduación. Universidad de Costa Rica.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS NIVELES DE PREVALENCIA DEL CONSUMO DE DROGAS EN POBLACIÓN DE EDUCACIÓN SECUNDARIA EN COSTA RICA, 2015

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF PREVALENCE LEVELS DRUG USE IN POPULATION OF HIGH SCHOOL EDUCATION IN COSTA RICA, 2015

*William Chacón Serrano*¹

Instituto sobre Alcoholismo y Farmacodependencia, Costa Rica

RESUMEN

El consumo de drogas en la población de educación secundaria representa una línea de investigación que ha surgido con más fuerza en los últimos años en Costa Rica, debido al aumento de ingesta de sustancias psicoactivas como el alcohol y la marihuana. Los niveles de prevalencia han experimentado variaciones importantes en los últimos 10 años desde el 2006, se han hecho esfuerzos por realizar un monitoreo del consumo en ésta población; sin embargo, para el estudio del 2015, se incorporaron variables de tipo geográficas que pudieran representar los indicadores de consumo a nivel de provincia y región para dar una perspectiva más amplia del fenómeno en la población costarricense. Se logró evidenciar el comportamiento diferenciado de los niveles de prevalencia en las diferentes provincias, lo que abre el debate de las condiciones por provincia en el comportamiento del fenómeno.

Palabras clave: drogas, niveles de prevalencia, adolescentes, sistema de información geográfica.

ABSTRACT

Drug use in high school population represents a line of research that has emerged more strongly in recent years in Costa Rica due to the increased consumption of drugs like alcohol and marijuana. Prevalence levels have changed considerably in the last 10 years. Since 2006, there have been

¹ Licenciado en Ciencias Geográficas, Proceso Investigación. Instituto sobre Alcoholismo y Farmacodependencia (IAFA), San Pedro de Montes de Oca. Costa Rica, Correo electrónico: wchacon@iafa.go.cr

Fecha de recepción: 13 de mayo de 2016
Fecha de aceptación: 29 de setiembre de 2016

efforts to monitor the consumption levels in this population; however, for the 2015 study, geographic variables that could represent the consumption indicators at province and region level were included to give a broader perspective of the phenomenon in the Costa Rican population. It was possible to show the differentiated behavior of prevalence levels of consumption in different provinces, thus opening the debate on the conditions by province regarding the phenomenon behavior.

Keywords: drugs, prevalence levels, adolescents, geographic information system

Introducción

El presente artículo se enfoca en el análisis de comportamiento del consumo de drogas en la población de educación secundaria de Costa Rica para el año 2015, mediante el indicador de prevalencia del consumo de drogas, segmentado por provincia y regiones del país. Estos resultados son el producto de la cuarta investigación que se realiza desde el 2006, contribuyendo a la continuidad de estudios en población escolar elaborados por el Instituto sobre Alcoholismo y Farmacodependencia.

La ingesta de drogas es un fenómeno social que se presenta como parte de las dinámicas de convivencia social y afecta a la población en la medida que éste consumo avanza a un patrón abusivo, pasando a la enfermedad de la dependencia, la cual se asocia a las necesidades de consumir drogas, generando diferentes problemáticas individuales y grupales.

Los adolescentes son uno de los grupos afectados por el uso y abuso de drogas, especialmente por el alcohol, tabaco y marihuana, aspectos que se han puesto en evidencia en estudios recientes realizados por la Oficina Contra las Drogas y el Delito (UNODC, 2016, p.11).

Ante factores como la alta disponibilidad, las relaciones interpersonales, la baja percepción de riesgo al uso de sustancias, cambios emocionales e incluso dinámicas familiares, se produce una combinación de factores que potencializan el contacto con las sustancias, donde el factor que preocupa es la permanencia en el uso de las diferentes drogas.

Los niveles de prevalencia del uso y abuso de drogas en etapa temprana es alta, por lo cual se tiene la consigna que los adolescentes tiene que aprender a convivir con las drogas, donde en muchos casos se debe decidir entre abstinencia y consumo a lo cual las decisiones juegan un papel importante. Asimismo, comprender estas dinámicas sociales representa un paso importante para el abordaje y fortalecimiento de las intervenciones preventivas en la mejora de esas relaciones entre adolescentes y las llamadas drogas de abuso.

Como parte del trabajo de indagación que se lleva a cabo en el proceso de investigación del Instituto sobre Alcoholismo y Farmacodependencia (IAFA), se plantea la necesidad de analizar los indicadores de prevalencia de consumo de drogas por medio de la asociación con espacios geográficos en Costa Rica. Para llevar a cabo este análisis se echó mano de los Sistemas de información Geográfica (SIG) como herramienta tecnológica que pudiera aportar en la mejora de la presentación de información, además, que contribuyera en la interacción con variables de salud para el estudio del fenómeno social (Ramírez, 2009). Los resultados presentados se enmarcan en las provincias del país y las regiones administrativas del IAFA, las cuales presentan características diferentes de consumo de drogas que vale la pena destacar en el presente artículo.

Los niveles de prevalencia muestran un comportamiento diferenciado por provincia y región en Costa Rica que evidencian las principales drogas consumidas por la población estudiantil de secundaria. Asimismo, se destaca dentro de los hallazgos más importantes la disminución de la percepción de riesgo del consumo de marihuana y alcohol en los jóvenes estudiantes que han dado como conclusión el aumento en el uso de estas dos sustancias principalmente.

Material y Métodos

La muestra de esta investigación se seleccionó a partir de un listado (marco muestral) de los colegios públicos y privados existente en el Ministerio de Educación Pública para el año 2014. Fueron seleccionados en forma aleatoria cincuenta centros educativos y en cada uno de ellos una sección por nivel educativo para un total de 263 secciones. En cada sección se entrevistó al total de estudiantes presentes el día y hora en que se efectuó la recopilación de los datos. La muestra efectiva estuvo conformada 5.863 informantes (véase la Tabla 1).

La lista de matrícula para el año 2014 contenía 958 centros educativos de educación secundaria en modalidad regular. La matrícula total en esos centros educativos fue de 369.573 estudiantes (183.196 hombres y 186.377 mujeres).

La siguiente tabla muestra el número de centros educativos participantes por provincia.

Tabla 1. Ubicación y cantidad de estudiantes entrevistados en los centros educativos seleccionados, Costa Rica, 2015.

Provincia	Número de colegios	Muestra de estudiantes
San José	12	1484
Alajuela	10	1178
Cartago	5	739
Heredia	5	542
Guanacaste	5	583
Puntarenas	8	793
Limón	5	544
Total	50	5863

Fuente: IAFA, 2015.

2.2 Instrumento

El cuestionario utilizado consta de 109 preguntas, distribuidas en seis secciones, que se mencionan a continuación:

- a) Información personal y académica,
- b) Percepción del riesgo por consumo de drogas,
- c) Consumo de drogas por parte del estudiante,
- d) Exposición a la oferta y curiosidad por el consumo de drogas,
- e) Consumo familiar y percepción de seguridad,
- f) Involucramiento parental,
- g) Aspectos relacionados sobre conducción, relaciones sexuales y consumo de drogas.

Específicamente para esta investigación se tomó en cuenta únicamente los aspectos B y C relacionados con el consumo de drogas, analizados desde el análisis provincial y regiones administrativas del IAFA en Costa Rica.

La recolección de los datos se llevó a cabo durante el segundo semestre lectivo del año 2015. El desglose por provincia y nivel académico de los estudiantes seleccionados en la muestra de 5.863 aparece en la siguiente Tabla:

Tabla 2. Estudiantes entrevistados por nivel académico y provincia Costa Rica, 2015

Provincia	Total de colegios	Estudiantes por nivel						Total de estudiantes
		7°	8°	9°	10°	11°	12°	
San José	12	274	285	275	253	311	86	1484
Alajuela	10	229	203	240	237	198	71	1178
Cartago	5	135	145	136	131	131	61	739
Heredia	5	93	91	91	104	114	49	542
Guanacaste	5	113	123	117	104	96	30	583
Puntarenas	8	144	145	138	143	143	80	793
Limón	5	82	96	109	101	108	48	544
Total	50	1070	1088	1106	1073	1101	425	5863

Fuente: IAFA, 2015.

Durante la aplicación de los cuestionarios no se presentaron rechazos y no fue necesario descartar alguno por la presencia de inconsistencias reiteradas.

Indicadores más importantes

Son indicadores estándar a nivel internacional que permiten realizar comparaciones de los patrones de consumo de forma simultánea y cronológica, los mismos dan cuenta del porcentaje de consumidores de cada sustancia o de conjuntos relevantes de ellas.

Los porcentajes de consumidores hay tres períodos de referencia que son de particular interés a nivel internacional y de los que se informa en este documento. El primero de ellos alude al *consumo alguna vez en la vida*. Su importancia radica en el hecho de que el riesgo de sufrir trastornos o daños por la ingesta de una droga se reduce a cero en una persona que nunca ha ingerido esa droga.

El segundo período para calcular los porcentajes de consumidores de los *doce meses* anteriores al momento en que se responde al cuestionario, es decir al consumo del último año. Permite discriminar el inicio en el consumo de una droga de un uso reciente y pone en evidencia a los consumidores de la misma que luego de haberla probado perseveran en el consumo.

Finalmente, el último período de referencia es el *del mes anterior* al día en que se hace la entrevista. Si bien puede estar influido por hechos que

ocurran en la zona donde residen algunos estudiantes coincidiendo con el tiempo que tarde la recolección de los datos, se considera un indicador relevante para aproximar al total de estudiantes que muestran un uso regular o frecuente de alguna droga.

Los análisis se efectuaron valiéndose de las aplicaciones PASW Statistics versión 23, STATA y Excel de Microsoft, así como el ArcGis 10.2.

Consumo de drogas en Población escolarizada

El consumo de drogas en la población adolescente son uno de los aspectos donde los estudios científicos han puesto más énfasis a la hora investigar la relación entre las drogas y la juventud. En este periodo de cambios físicos, psicológicos y madurez emocional que enfrentan los adolescentes, se presentan una serie de retos asociados al consumo de drogas, y que son determinados por las mismas condiciones de desarrollo de las personas (Gonzales et al, 1996, p.5). Empezando por su propia concepción, las Naciones Unidas han definido la adolescencia como el periodo que va entre los 10 a 19 años (UNICEF, 2011, p 8), donde se enfrenta a una serie de cambios y adaptaciones diversas que han evidenciado lo difícil de enmarcar una definición para “adolescente” que incluso en la actualidad es difícil de definir. La legislación de los países, los aspectos culturales, los derechos humanos de las personas, entre muchos otros factores, han puesto de relieve la complejidad de definir adecuadamente el término. Sin embargo, se deja claro que a pesar de estas complejidades, todas estas personas menores de edad tienen derechos inscritos en las convenciones de derechos humanos que los hace una población respaldada internacionalmente y por la legislación de cada país (UNICEF, 2011, p. 20).

La población adolescente representa un inicio en el contacto con las diferentes sustancias tanto lícitas como ilícitas que existen en una sociedad, donde influyen muchos factores que potencializan el uso de las sustancias. Según Salamó et al (2010, p.5) la población experimenta el primer consumo de drogas en la etapa de adolescente, ya sea por factores individuales o sociales. La edad inicio muestra que ese primer contacto con una determinada sustancia se da en edades muy tempranas, acelerando los problemas que esta acción podría traer a su desarrollo futuro. Para reforzar esta afirmación, los informes sobre consumo de drogas en países de América Latina han puesto de relieve que las personas menores de edad

se inician en el contacto con las drogas en edades de 12 años en adelante; es decir, en edades donde se encuentran en el sistema educativo (CICAD/OEA, 2015, p. 8). En países como Argentina el porcentaje de adolescentes entre los 12 y 17 años que han consumido marihuana en el último año y último mes fue de 8,4% y 4,2% respectivamente (OAD, 2014).

En esta misma línea, otros estudios internacionales han demostrado que la población escolarizada se enfrenta a factores de riesgo del consumo de sustancias psicoactivas, (Nazar et al, 1994, p. 4); es decir, la escolaridad, uso en la familia, amigos consumidores, entre otros aspectos han sido señalados como factores de riesgo en el uso de los adolescentes. Asimismo, también se han estudiado y demostrado que existen factores de protección para los adolescentes, tal es el caso de encontrarse en el sistema educativo, recibir involucramiento de los padres, actividades culturales, entre otras, donde se potencializan oportunidades de desarrollo para los jóvenes, lo que ha atrasado la edad de inicio en el consumo (Gonzales et al, 1996, p. 7).

Factores asociados al consumo

Los factores de riesgo que incentivan el consumo de drogas en los adolescentes han sido desarrollados de diversas maneras, por un lado los contextos en los que se desenvuelven los jóvenes, ya sea recreativos, educativos y familiares, entre otros han generado importantes hallazgos en la problemática. Según autores como Nazar et al. (1994) en la familia, los aspectos individuales, la edad, buscar nuevas sensaciones e identidad, así como la presión de pares, han sido mencionado como factores de riesgo en el consumo de sustancias psicoactivas (p.6). Se ha comprobado que uno de los principales aspectos negativos que tienen mayor probabilidad de consumo en la población juvenil tiene relación con tener amistades que consuman alguna droga o drogas; además, los factores familiares han jugado un papel importante en este tipo de fenómenos sociales, el consumo en algún familiar específicamente en el padre, según este mismo estudio antes mencionado, no fue tan representativo como el de poseer amigos consumidores, aunque, sí representó de los más sobresalientes en la influencia del uso de drogas (Salamó et al, 2010).

Por otra parte, el caso de poblaciones adolescentes en problemas judiciales para el caso de Costa Rica, el contacto con las sustancias

psicoactivas se presentó de forma exponencial, según Fonseca y Bejarano (2012) la población menor de edad privada de libertad reveló porcentajes más elevados en las principales drogas ilícitas. El contacto con drogas como la Cocaína y el Crack se presentaron para el año 2008 en un 37% y un 34% respectivamente, estos porcentajes se refieren a los que indicaron haber consumido “alguna vez” en la vida. Por el contrario en adolescentes que se encontraban en el sistema educativo en el año 2009 el porcentaje de contacto con las sustancias fue de 0,025% Cocaína y 0,0125% Crack (Bejarano et al, 2011, p. 80). En ese sentido vale la pena mencionar que el tratamiento y la demanda especializada para personas menores de edad con problemas por uso de sustancias presentó un ligero aumento al pasar de 354 personas registradas en el 2011 a 450 para el 2012 (IAFA, 2014)

Por último, y no menos importante cabe señalar que la percepción de riesgo es otro de los elementos más importantes estudiados en la actualidad, ya que se ha indicado en estudios pasados en países como España (Salamó et al, 2010, p. 8). Una baja percepción de riesgo, el consumo de sustancias como el alcohol, donde se podría asociar la ingesta de grandes cantidades de este con esta disminución de peligrosidad. Según Fonseca et al, (2012) para el caso de Costa Rica, los estudiantes de secundaria también han mostrado una baja percepción de riesgo al consumo de drogas como el alcohol, tabaco marihuana (p. 40), lo que deja en evidencia que este factor es muy perceptivo para el análisis del consumo de drogas en los jóvenes y que se ha pasado de tener sustancias con una percepción de riesgo alto a menor riesgo, según lo demuestran los estudios.

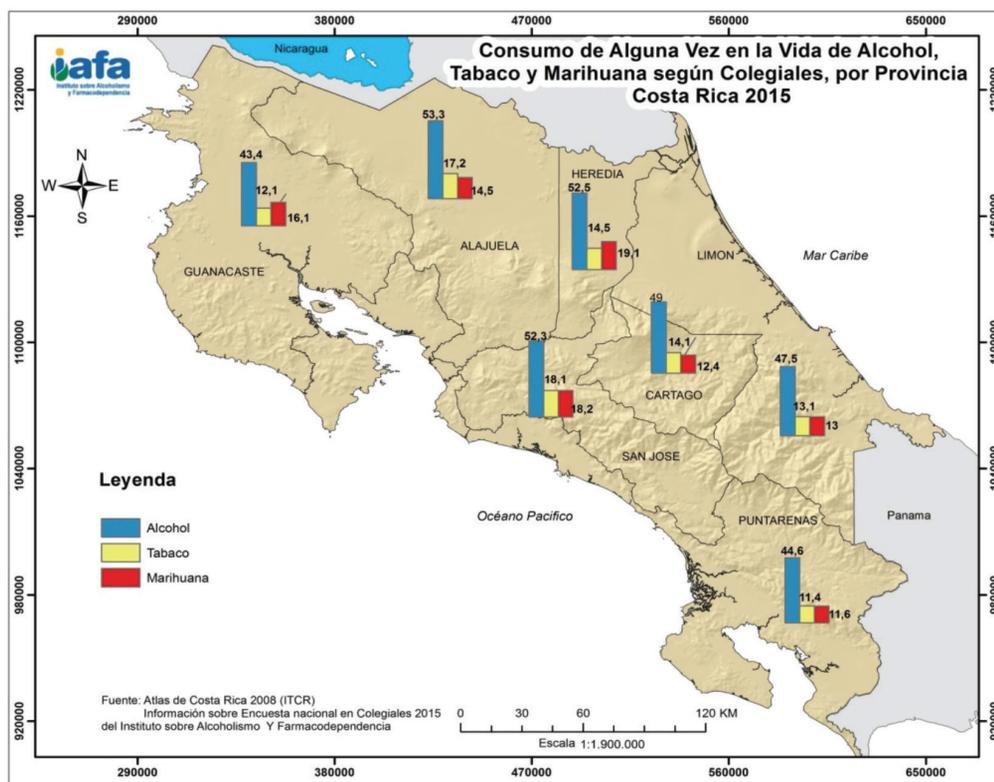
Resultados

El análisis de los niveles de prevalencia del consumo de drogas, se presentó mediante la distribución geográfica provincial, y regiones administrativas del IAFA en el país, donde también se tomó en cuenta la segmentación por sexo del indicador en los estudiantes entrevistados, de esta forma se permitió visualizar las tendencias del consumo de las tres principales drogas consumidas por los estudiantes de secundaria en Costa Rica (alcohol, tabaco y marihuana).

Niveles de prevalencia por Provincias

A partir de los resultados obtenidos se realizaron los mapas de síntesis de la información de los indicadores antes mencionados (vida, año y mes), en la figura 1 se presenta la información del indicador de alguna vez en la vida de las tres drogas principales distribuidas por provincias en Costa Rica.

Figura 1. Consumo de alguna vez en la vida de alcohol, tabaco y marihuana según población de educación secundaria por provincia en Costa Rica, 2015.



Fuente: IAFA, 2015.

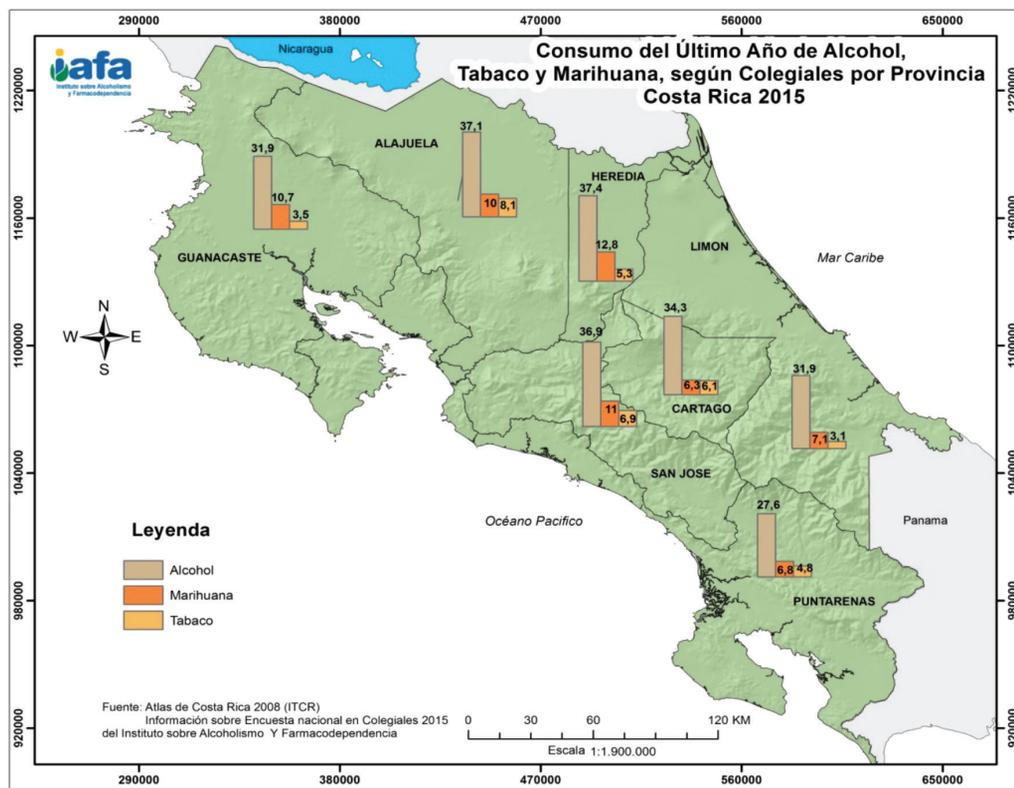
Según se aprecia, el alcohol es la droga que más han consumido alguna vez en la vida los estudiantes de secundaria, en todas las provincias los porcentajes rondan entre un 43% a 53% de personas que afirmaron

haber probado esta sustancias psicoactiva por lo menos alguna vez. Seguindo del alcohol se ubica en segundo lugar el tabaco en cada provincia a excepción de Heredia donde se logró comprobar que la marihuana se encuentra como segunda droga de experimentación para el estudiantado. En cuanto al consumo de alguna vez en la vida en cada una de las provincias en comparación con el estudio realizado por parte del IAFA (2014) se pudo determinar que en el caso de la marihuana esta aumentó en todas las provincias. En el caso de San José para el 2012 la prevalencia era de 16,4% mientras que para el 2015 se estableció en 18,1% tal y como lo muestra el mapa anterior, en el caso de Heredia los indicadores estimados fueron 17,5% vrs 19,1% para los años 2012 y 2015 respectivamente. Las provincias costeras pasaron de 12,4% y 9,9% Limón y Puntarenas respectivamente en el año 2012 a 13% y 11,6% en el 2015.

Para el caso de Guanacaste esta provincia registró un aumento importante en el consumo de marihuana pasando de 9,4% en el 2012 a 16% en 2015. Por último, la provincia de Cartago reportó tener una prevalencia de 15,8% en el 2012, la cual pasó a 12,4% en el 2015.

Con respecto al consumo del último año para las drogas seleccionadas, se presenta el siguiente mapa (figura 2), donde se resume el comportamiento del indicador por provincia. Cabe destacar que en este indicador la diferencia entre el mayor consumo de marihuana con respecto al tabaco se hace más notoria

Figura 2. Consumo del último año de alcohol, tabaco y marihuana según población de educación secundaria por provincia en Costa Rica, 2015.



Fuente: IAFA, 2015.

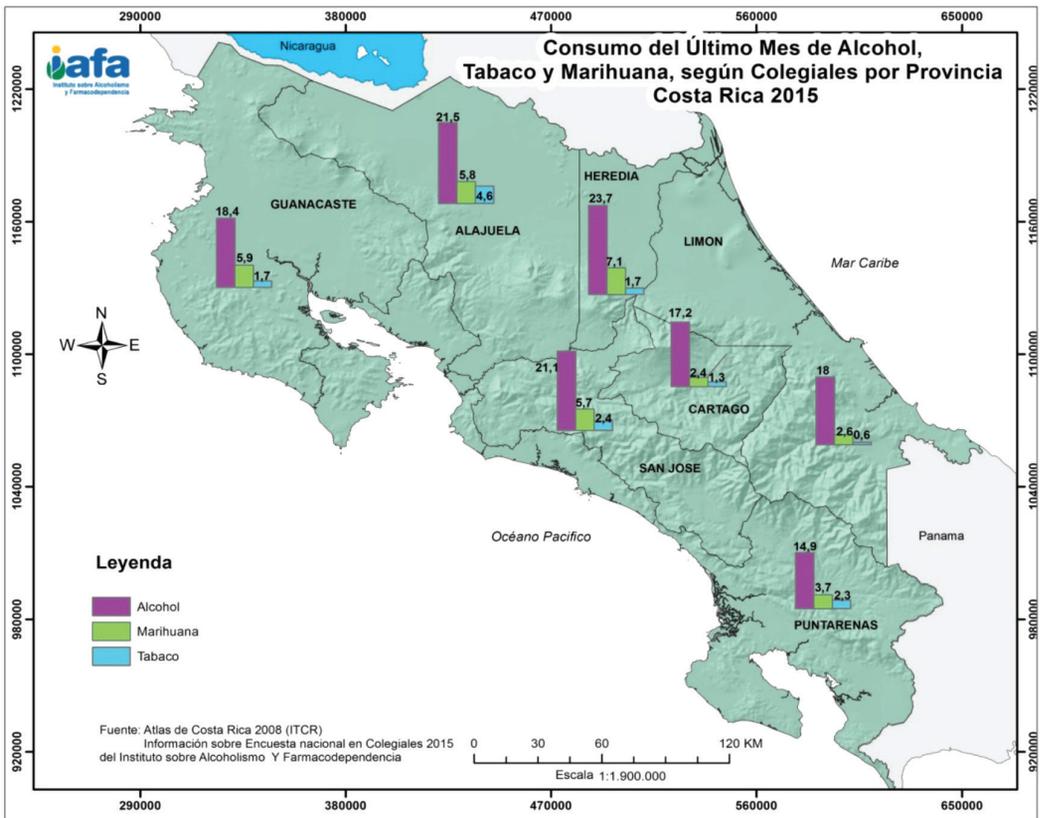
Al analizar la tendencia del indicador de acuerdo con cada provincia, se aprecia que el último año refleja una propensión al alcohol como droga principal de consumo por parte de los adolescentes, donde además, pasó a segundo lugar en importancia el consumo de marihuana y no el tabaco tal y como se había mantenido en estudios anteriores. Los adolescentes reportaron que el tabaco ha sido menos consumido, fenómeno que hasta el 2015 no se evidenciaba. Por el contrario, el tabaco había sido junto con el alcohol la droga de preferencia.

Según se había mencionado en el año 2012, el estudio de colegiales, recopiló información donde todavía el tabaco se presentaba como la segunda droga de prioridad para el consumo en los adolescentes (IAFA,

2014); sin embargo, para el 2015 la marihuana lo desplazó en todas las provincias, lo cual se ve más reflejado en el uso del último mes o también conocido como consumo activo.

En la figura siguiente se detalla este comportamiento del consumo de drogas del último mes en la población juvenil.

Figura 3. Consumo del último mes de alcohol, tabaco y marihuana según población de educación secundaria por provincia en Costa Rica, 2015.



Fuente: IAFA, 2015.

El mapa anterior permite apreciar la ingesta en los últimos 30 días, o también conocido como consumo activo. Los porcentajes en prácticamente todas las provincias superan el 15% de personas menores de edad que ingieren activamente el alcohol y que este comportamiento en muchos

casos está asociado a un uso riesgoso; es decir, consumo en los cuales se exponen a lesiones físicas, violencia, y hasta lesiones psicológicas entre otros factores negativos.

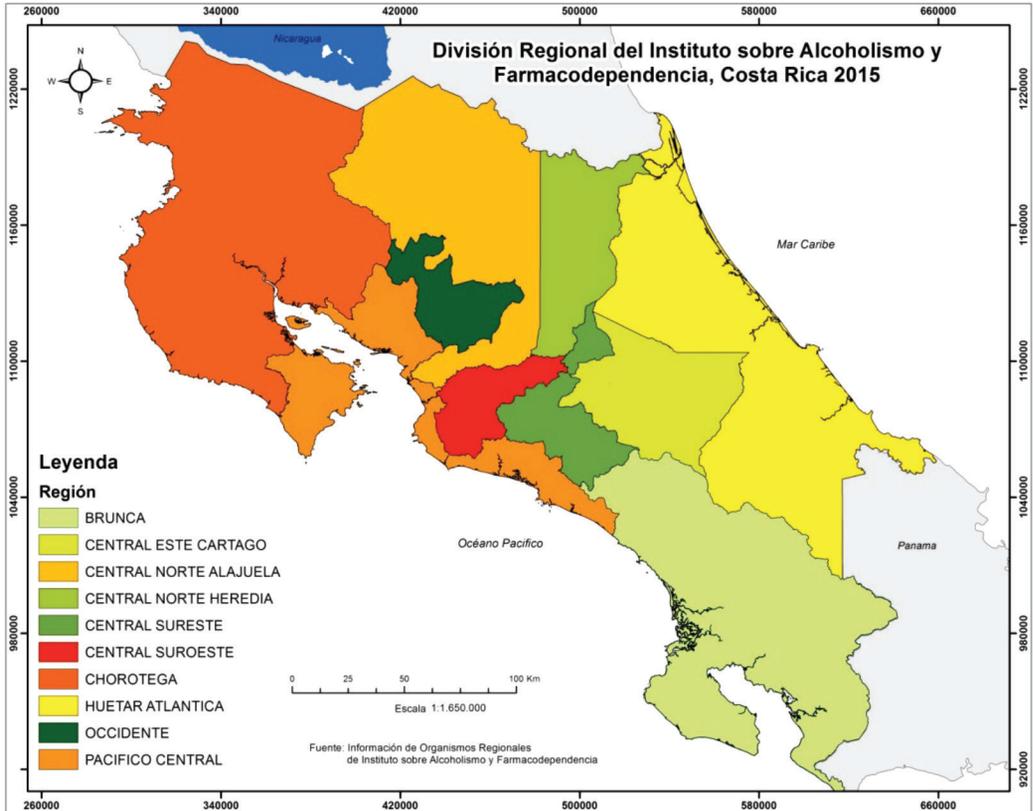
Siguiendo en esta línea, sobre el patrón riesgoso de ingesta de alcohol supone un patrón de ingesta ética que aumenta el riesgo de que se produzcan consecuencias negativas tanto para el bebedor como para las personas que los rodean (Babor, Higgins-Biddle, Saunders y Monteiro, 2001) en este caso en los adolescentes se presenta un riesgo mayor al exponerse a cantidades importantes de alcohol en contextos donde su salud se vería seriamente afectada.

Asimismo, según los resultados, la marihuana y tabaco a pesar de mostrar valores no superiores al 10%, son indicadores claros del aumento en el consumo en algunas provincias como Heredia y Alajuela, ya que el consumo activo de marihuana se situó en 7,1% y 5,8 respectivamente, valores por encima de provincias como Limón (2,6%) o Puntarenas (3,7%).

Niveles de prevalencia por regiones del IAFA

El mapa siguiente muestra la división territorial en las cuales se distribuyó la muestra del estudio de colegiales para el trabajo de recolección de datos. En esta segunda parte se detalla la información obtenida por las regiones administrativas del IAFA. La segmentación cuenta con 10 regiones, las cuales se detallan en relación con los resultados obtenidos.

Figura 4. División regional del Instituto sobre Alcoholismo y Farmacodependencia Costa Rica, 2015

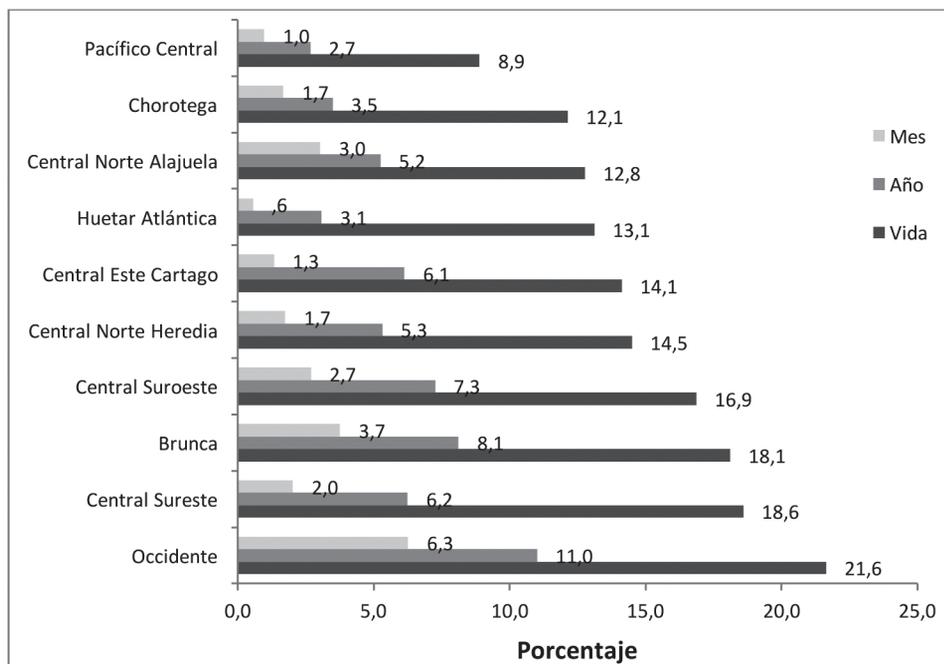


Fuente: IAFA, 2015.

En este apartado se analiza la información de los indicadores por cada droga estudiada y se resumen los porcentajes de prevalencia del consumo de drogas por regiones y se comparan.

El gráfico siguiente muestra la información de los niveles de prevalencia del tabaco en cada región de estudio. En él se pueden analizar aspectos importantes y al mismo tiempo potenciar nuevos temas de investigación en la temática de regiones.

Gráfico 1. Niveles de prevalencia del consumo de tabaco en colegiales, según regiones del IAFa en Costa Rica, 2015



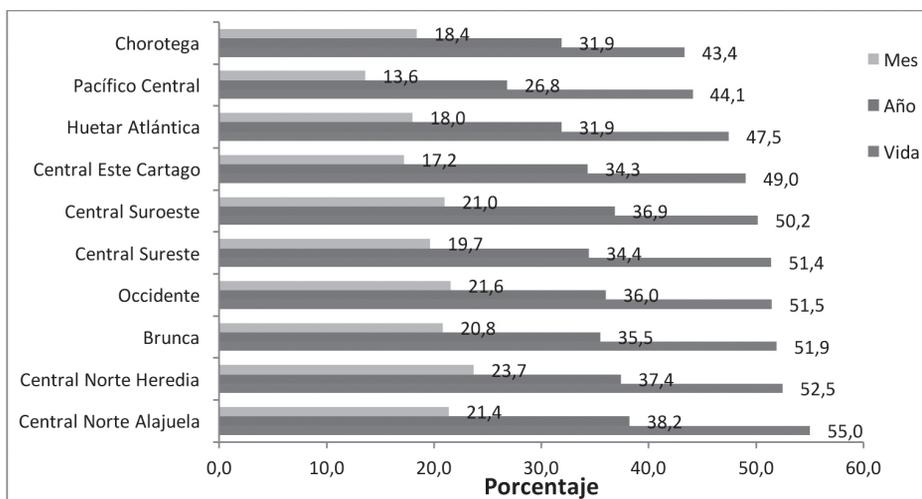
Fuente: IAFa, 2015.

Los datos de la figura anterior, evidencia que existe una diferencia en el consumo de tabaco por regiones que llama la atención de destacar. Por un lado, se denotan porcentajes de alguna vez en la vida que duplican de una región a otra, caso de la región Occidente (21,6%), la cual contrasta con la Pacífico Central (8,9%), y por otro lado se aprecian regiones donde los valores son muy parecidos en este caso la región Central Sureste y la Brunca con porcentajes de 18,6% y 18,1 respectivamente.

En cuanto al análisis por región, es importante mencionar que para el 2011 según el Índice de Desarrollo Humano Cantonal (IDHc) (PNUD/UCR, 2011) los cantones de la región occidente; es decir, San Ramón, Grecia, Palmares presentaron unos índices ubicados en las categorías *medio alto*, lo que genera cuestionamientos en cuanto a la relación entre el consumo de drogas y las características sociales de las regiones o del territorio en estudio.

En el caso particular del alcohol, los resultados de la encuesta mostraron estimaciones que reflejan el mayor consumo de esta sustancia en los adolescentes, donde los porcentajes se mantienen entre el 43,4% y el 55% sobre consumo de alguna vez en la vida, el siguiente gráfico muestra detalladamente la información para cada región.

Gráfico 2. Niveles de prevalencia del consumo de alcohol en colegiales, según regiones del IAFA en Costa Rica, 2015



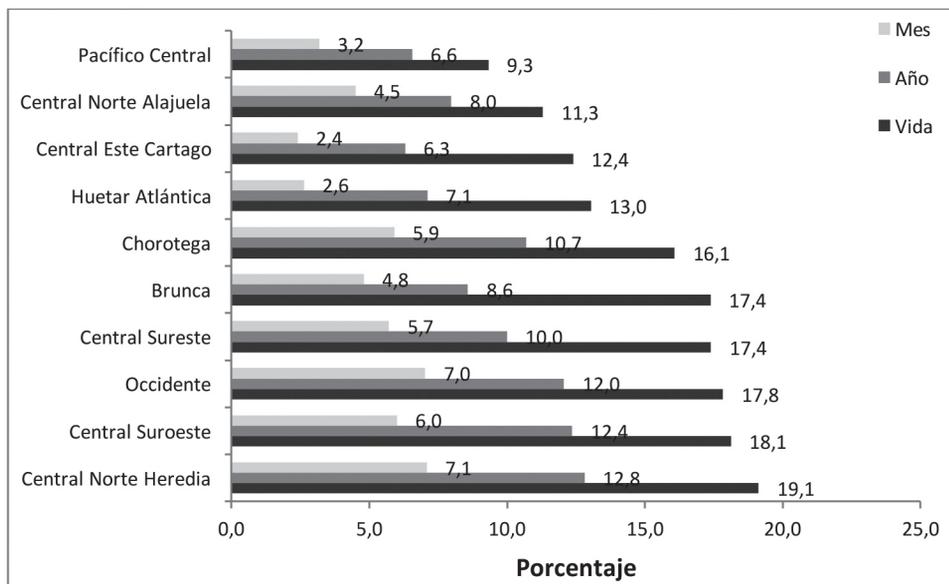
Fuente: IAFA, 2015.

Según se aprecia en la información anterior, las regiones ubicadas al norte del país (Alajuela y Heredia) presentan los mayores porcentajes de consumo de alcohol tanto en el consumo en la vida como el consumo del último año, igualmente seguido de la región occidente.

En cuanto a consumo del último mes, Heredia se mantiene como la región con el indicador más alto (23,7%), un porcentaje bastante elevado si se tiene en cuenta que muchos de los estudiantes que consumen alcohol en esas edades tienden a tener una ingesta de riesgo. Los resultados revelan que al menos un grupo importante de personas (20,2% mujeres y 21,4% hombres) mencionaron haber andado en un automóvil por lo menos alguna vez en el último año con una persona que había ingerido bebidas alcohólicas. Llama la atención este grupo de estudiantes que han mantenido conductas de riesgo relacionadas con el alcohol.

Por último, se analizó el uso de marihuana en la población estudiantil por región, donde se describen a continuación los resultados.

Gráfico 3. Niveles de prevalencia del consumo de marihuana en colegiales, según regiones del IAFIA en Costa Rica, 2015



Fuente: IAFIA, 2015.

El consumo de marihuana mostró particularidades interesantes tal y como se ha venido explicando en el desarrollo del documento, se puede apreciar que la región central norte, Heredia es la que presenta los tres indicadores más elevados, a pesar que, no son estadísticamente significativos en comparación con regiones como central sureste, occidente, central sureste, sí es evidente el mayor consumo en esta región de Heredia.

En este sentido, es importante mencionar que se ha mantenido una tendencia a la baja en la percepción de riesgo del consumo de esta droga, aquellos que consideran un mayor riesgo por consumir frecuentemente marihuana se ubican en 60,1%, en comparación con los años 2009 (58,6%) y 2012 (66,6%).

Conclusiones

El análisis territorial del consumo de drogas en la población escolarizada sirve de punto de partida para establecer relaciones entre el consumo de drogas y las distintas regiones y provincias que se presentan en el país. Los resultados mostrados resultan atrayentes sobre el comportamiento de los niveles de prevalencia en ciertas zonas. En algunos casos se ven resultados que llaman la atención entre una región y otra, ya sea por factores geográficos, culturales, económicos, que se diferencian en los porcentajes de los indicadores; es decir, proporciones que se triplican entre una región y otra para el consumo de la misma droga.

La región Central Norte de Heredia es la que presenta indicadores más altos de consumo de alcohol, tabaco y marihuana. Las estimaciones reflejan claramente que las personas adolescentes escolarizadas que se ubican en esta región han experimentado un mayor uso de estas sustancias. En el estudio del 2012 el comportamiento fue parecido caracterizado por una tendencia a mayor uso en esta región lo mismo que para la provincia del mismo nombre (Heredia). La particularidad que se evidencia en estas zonas geográficas, tiene que ver con el índice de desarrollo humano cantonal, los cantones de esta provincia y región muestran mejores estimaciones de las condiciones de desarrollo humano. Una de las relaciones entre el consumo de drogas y los resultados en distintas regiones podría tener relación con el poder adquisitivo y lugares con alto desarrollo humano que dejan abierta la posibilidad de ahondar en estos campos en investigaciones puntuales en ciertas zonas específicas.

Por otra parte, las regiones Brunca y Atlántica presentan indicadores más bajos de consumo de drogas e igualmente siguiendo con la idea de párrafos anteriores, es importante averiguar las particularidades de estas regiones que las ubican sectores de consumo por debajo del promedio nacional; asimismo, otro aspecto que se puede mencionar son las disparidades regionales que se muestran para constatar el comportamiento del consumo, territorio y su distribución.

Los resultados obtenidos demuestran que el alcohol es la droga principal de consumo en la población escolarizada, seguido de la marihuana y el tabaco, resaltando el uso problemático en el caso del alcohol. Los hallazgos señalan que una cantidad importante de la población estudiantil consume alcohol de forma abusiva. El abuso de alcohol en la población

adolescente representa un aspecto de recalcar, debido a que los estudiantes que consumen alcohol de forma abusiva están expuestos a una serie de problemas asociados que no solo afectan al consumidor, sino a las personas que los rodean. La problemática asociada al consumo abusivo de alcohol representa problemas de accidentabilidad de tránsito, violencia, abusos sexuales, en los cuales los jóvenes en muchos casos se ven involucrados

En cuanto a los aspectos negativos que asocian los estudiantes si se consumen drogas de forma frecuente, la percepción de riesgo representa un factor importante a la hora de analizar esta problemática del aumento en el consumo de las diferentes sustancias psicoactivas. Se pudo comprobar que el alcohol y la marihuana son drogas en las cuales la población estudiantil no manifiesta que exista un riesgo alto por consumir frecuentemente; es decir, los jóvenes no ven problemas físicos asociados al consumo de estas drogas, lo cual agrava las iniciativas que se presenten mediante políticas públicas por reducir el consumo. Estos resultados responden en parte al aumento en el consumo de marihuana y alcohol, al ser drogas socialmente permisivas la población ve ese comportamiento como parte del constructo social.

Por último, es importante resaltar que este tipo de ejercicios de monitoreo del consumo de drogas enfocados a las regiones del país, dan un aporte adicional a la investigación social, ya que el fenómeno se analiza directamente en un espacio geográfico determinado y permite la comparación de los resultados.

Referencias

- Babor, T., Higgins-Biddle, J., Saunders, J. y Monteiro, M. (2001). AUDIT, El Test de Identificación de los Trastornos Debidos al Consumo de Alcohol. Generalitat Valenciana/ OMS. Recuperado de: http://www.who.int/substance_abuse/activities/en/AUDITmanualSpanish.pdf
- Bejarano, J., Cortés, E., Chacón, W., Fonseca, S. López, K. y Sánchez, G. (2011). Juventud Escolarizada y drogas. Encuesta nacional sobre consumo de drogas en población de educación secundaria. San José: I.A.F.A. ISBN: 978-9968-705-84-4.
- Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas (CICAD/OEA). (2015). Informe sobre uso de drogas en las Américas 2015. Recuperado de internet el 21 de enero de 2015, recuperado de: <http://www.cicad.oas.org/apps/Document.aspx?Id=3209>

- Fonseca, S. y Bejarano, J. (2012). Adolescentes costarricenses con problemas judiciales y consumo de drogas. *Revista Costarricense de Psicología*, 2012. 31, 1-2, p. 21-39. ISSN 0257-1439. Recuperado de: <http://www.iafa.go.cr/investigacion/nuestras-investigaciones.html>
- Fonseca, S., Cortés, E., Chacón, W., Madrigal, S., Ortega, A., Salas, C. y Bejarano, J. (2012). Encuesta nacional sobre consumo de drogas en población de Educación secundaria: Costa Rica 2012. San José, Instituto sobre Alcoholismo y Farmacodependencia. ISBN: 978-9968-705-93 -6.
- González, F., García, M. y González, S. (1996). Consumo de Drogas en la Adolescencia. *Psicothema*, 8(2), 257-267. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/727/72780201.pdf>
- Instituto sobre Alcoholismo y Farmacodependencia. (2014). Análisis de Oferta Demanda en la atención a Personas Menores de Edad consumidoras problemáticas de sustancia psicoactivas en Costa Rica, 2012. Proceso de Investigación. San José, Costa Rica: IAFA, 2013. 978-9968-705-97-4
- Instituto sobre Alcoholismo y Farmacodependencia. (2014). Análisis geográfico provincial del consumo de las drogas en Costa Rica 2011-2013. Proceso de Investigación. San José, Costa Rica: IAFA, 2013. Recuperado de: <http://www.iafa.go.cr/investigacion/nuestras-investigaciones>.
- Nazar, A., Tapia, R., Villa, A., León, G., Medina, M. y Salvatierra, B., (1994). Factores asociados al consumo de drogas en Adolescentes de áreas urbanas de México. *Salud pública de México*, Recuperado de: http://bvs.insp.mx/rsp/_files/File/1994/num%20%206/199436_646-654.pdf.
- Observatorio Argentino de Drogas (OAD) (2014). Sexto Estudio Nacional consumo de sustancias psicoactivas en Estudiantes de Enseñanza Media 2014. Recuperado de: <http://www.observatorio.gob.ar/www/547/19905/estudiantes-de-nivel-medio>.
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (UNODC) (2016). Abuso de drogas en adolescentes y jóvenes y vulnerabilidad familiar. Lima- Perú: Industrias Gráficas MACOLE S.R. Recuperado de: <http://www.descentralizadrogas.gov.co/project/abuso-de-drogas-en-adolescentes-y-jovenes-y-vulnerabilidad-familiar/>

- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo/Universidad de Costa Rica. (PNUD/UCR). (2011). Atlas de desarrollo humano cantonal de Costa Rica, 2011. San José: Ediciones Sanabria, S.A.
- Ramírez, M. (2009). La moderna geografía de la salud y las tecnologías de la información Geográfica. *Revista investigaciones y ensayos geográficos*, IV(4), 53-64, recuperado de: <http://hum.unne.edu.ar/investigacion/geografia/labtig/publicaciones/public17.pdf>
- Salamó, A., Grass, M. y Font, S. (2010). Patrones de consumo de alcohol en la adolescencia. *Psicothema*, 22(2), 189-195. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/727/72712496003.pdf>
- UNICEF. (2011). Estado mundial de la infancia 2011. La adolescencia, una época de oportunidades. New York: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) ISBN: 978-92-806-4557-6.

CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL DENTRO DE LA FRANJA DE PROTECCIÓN DEL RÍO COPEY, JACÓ, PUNTARENAS, COSTA RICA

CHARACTERIZATION OF VEGETATION COVER AND LAND USE WITHIN THE BUFFER ZONE OF COPEY RIVER, JACÓ, PUNTARENAS, COSTA RICA

David Matthey-Trigueros¹

Jonathan Navarro-Picado²

Priscilla Obando-Rodríguez³

Alicia Fonseca-Sánchez⁴

Christian Núñez-Solis⁵

Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

-
- 1 Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional. Correo electrónico: davidmatthey@gmail.com
 - 2 Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: jon90np@gmail.com
 - 3 Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Costa Rica. Correo electrónico: pris.obando@gmail.com
 - 4 Laboratorio de Hidrología Ambiental, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional. Correo electrónico: alicia.fonseca.sanchez@una.cr
 - 5 Laboratorio de Hidrología Ambiental, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional. Correo electrónico: christian.nunez.solis@una.cr

Fecha de recepción: 27 de julio de 2016
Fecha de aceptación: 07 de octubre de 2016

RESUMEN

Los ríos son de los ecosistemas más afectados por las actividades del ser humano; por ello, es necesario evaluar las condiciones de los mismos y su entorno; por esto el objetivo de este estudio es caracterizar la cobertura vegetal y usos de suelo dentro de la franja de protección a lo largo del cauce río Copey. En dos visitas de campo (2013) se recorrió el cauce del río generando puntos de control geoposicionados de las categorías de usos de suelo, variaciones en la vegetación y toma de fotografías, luego por medio de fotointerpretación de imágenes a juicio de expertos se generaron tres mapas, además de gráficos de caracterización de la vegetación de tres zonas. Se categorizaron 11 tipos de uso de suelo, en donde predomina el bosque denso. En la parte alta predomina la cobertura boscosa, en la parte media pastizales con borde arbustivo y en la parte baja infraestructura urbana. La principal conclusión es que existe gran área sin infraestructura urbana ni vegetación, por lo que es de gran potencial para esfuerzos de restauración.

Palabras clave: cobertura vegetal, río Copey, uso de suelo, vegetación de ribereña, zona de protección.

ABSTRACT

Rivers are considered one of the ecosystems most affected by humans. This is why it is important to evaluate the conditions of rivers and their environment. The purpose of this research is to characterize the vegetation cover and land use within the buffer zone along the Copey river. In two field trips (2013) we hit the river course to generate control geopositioned points coverage, vegetation variations and photographing. Then, we used the photo-interpretation method, by the expert judgment, and then generated three coverage maps. Additionally, we generated DAP, characterization height of trees in tree river zones. We categorized 11 coverage types, where the predominant coverage was the dense forest. The upper side is the one with the greatest forest cover. Shrubby grasslands edge predominates in the middle side, and the lower side begins to present urban infrastructure. We concluded that there is a large area devoid of vegetation, without urban infrastructure, which indicates that it is one of the areas with the greatest potential for restoration efforts.

Keywords: Vegetation coverage, Río Copey, land use, riparian zone.

Introducción

Actualmente, entre los ecosistemas más afectados por las actividades antrópicas se encuentran los ríos y nacientes, debido a cambios en el uso de suelo en las zonas ribereñas que generarán diversos efectos como aumento en los procesos de erosión de los suelos, incremento de materia orgánica que entra a los sistemas acuáticos, arrastre de sedimentos, eutrofización, entre otros. Esto se acelera por aspectos como el tipo de suelo, pendiente del sitio, geología y precipitación (Kutschker *et al.*, 2009; Cardona, 2003).

Para mitigar estos efectos, es importante proteger y restaurar las zonas ribereñas que representan áreas de protección para el recurso hídrico, ya que cumplen una función de “*amortiguador*” (Granados-Sanchez *et al.*, 2006) debido a sus funciones como el retener contaminantes, sedimentos y nutrientes, además de mejorar la calidad del agua, estabilizar

las orillas, reducir la velocidad de la corriente, evitar desbordamientos y brindar zonas de paso favorables para la vida silvestre y la conectividad biológica. Así que su importancia no solo radica en un aspecto hidrológico y biológico, sino que también involucra la protección de un recurso a futuro y la mitigación de probables desastres naturales (Gayoso y Gayoso, 2003; Granados-Sanchez *et al.*, 2006).

En los procesos de gestión integrada del recurso hídrico se deben de considerar estas zonas como un componente fundamental (Gayoso y Gayoso, 2003), esto se refleja en la protección que tienen estas áreas en el país bajo la Ley Forestal, tanto en zonas urbanas como en zonas rurales (Ley Forestal N° 7575, 1996). Sin embargo, estos parámetros estipulados por la legislación no siempre se respetan, de ahí la importancia de caracterizar las zonas ribereñas para planes de ordenamiento territorial e identificar zonas vulnerables para la acertada toma de decisiones, que generen un mejoramiento en las condiciones de ríos, cuencas y el recurso hídrico en general (Programa Araucaria, 2001).

A raíz de lo anterior, el conocer el estado de estas zonas en un cantón como el de Garabito que experimenta un gran desarrollo urbano y turístico, es fundamental para presentar un adecuado manejo del recurso hídrico y evitar un aumento en las actuales presiones sobre las aguas superficiales y subterráneas del río Copey. Por lo cual, el objetivo del siguiente estudio es caracterizar la cobertura vegetal y uso del suelo dentro de la franja de protección según la ley Forestal a lo largo del cauce río Copey en Garabito, Puntarenas.

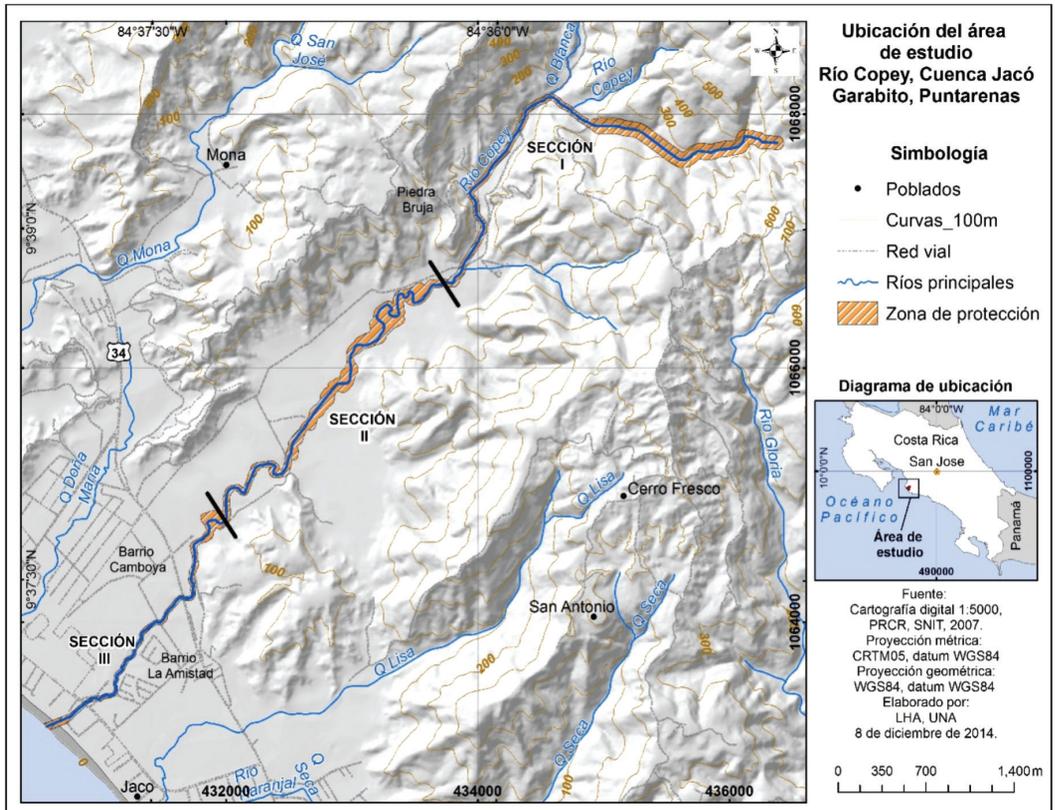
Área de estudio

La investigación se realizó a lo largo de la ribera del río Copey, en el distrito de Jacó, cantón de Garabito, en la provincia de Puntarenas, Costa Rica. La ubicación del área de estudio correspondió a las zonas ribereñas del río Copey, en un segmento que inició en la parte alta (coordenadas 9°39'22.18"N-84°34'46.98"O) y hasta la zona de desembocadura del río (9°36'53.25"N-84°37'53.49"O) (Mapa 1). Se realizó el análisis de cobertura vegetal de la zona ribereña protegida, esta se estimó a partir de los lineamientos de la Ley Forestal 7575, la cual dicta en el artículo 33 sobre áreas de protección de ríos: "Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados,

David Matthey-Trigueros, Jonathan Navarro-Picado, Priscilla Obando-Rodríguez, Alicia Fonseca-Sánchez, Christian Núñez-Solis. Characterization of vegetation cover and land use within the buffer zone of Copey river, Jacó, Puntarenas, Costa Rica.

en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano y de cincuenta metros horizontales si el terreno es quebrado”.

Mapa 1. Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de puntos de GPS (2016).

El cauce principal inicia a los 550 msnm y finaliza a los 0 msnm con la desembocadura en el Océano Pacífico. Este río cruza por el centro del casco urbano de la ciudad de Jacó y se utiliza para extracción de agua para el riego de cultivos y bebedero de ganado; además, en la parte alta se ubica la planta de captación y tratamiento de agua potable del Instituto de Acueducto y Alcantarillados (A y A). Estas características lo convierten en uno de los recursos de mayor importancia para la población local.

Marco Teórico –Conceptual

Los bosques ribereños se ven sujetos a una condición cambiante debido a procesos fluviales, que proporcionan el flujo de materia y energía que producen una flora con características propias del lugar, diferente tanto estructural como funcionalmente de bosques en ecosistemas adyacentes. Lo anterior hace que cumplan un papel importante como proveedores de alimento, corredores biológicos, reguladores de temperatura, evitan la erosión y como filtro de nutrientes y materiales contaminantes (Sirombra y Mesa, 2010). La vegetación presente en una zona tan frágil y variable como la ribera, proporciona por medio de su sistema radical un ambiente acuático menos eutrofizado y una carga de sedimentos disminuida (Peraza, 2009).

Las actividades humanas también obtienen beneficios de estos ecosistemas, por ejemplo, en fincas ganaderas se conoce el efecto que tiene la vegetación de estas zonas en una disminución tanto de escorrentía superficial como de arrastre de nutrientes y de compuestos nitrogenados, además de servir como una fuente de control indirecto de plagas que pueden afectar distintos cultivos (Chará et al., 2011 y Granados-Sánchez et al., 2006).

De igual manera, la fauna silvestre se beneficia de los bosques ribereños, ya que representan uno de los principales corredores para el paso de vida silvestre y se ha documentado por ejemplo, en el estado de Washington según Ceccon (2003), que más del 80% de las poblaciones de animales silvestres usan el bosque ribereño en algún momento de su vida. La funcionalidad de los bosques de ribera como refugio a la biodiversidad, es debido a la presencia del recurso agua, fundamental en todo ser vivo; además, son menos propensos a incendios forestales que bosques circundantes por la cualidad de inundación temporal, minimizando la probabilidad de quemar la vegetación (Ceccon, 2003).

Por otra parte, estudios relacionados con la diversidad en estos bosques demuestra que el ancho debe de ser al menos de 30 metros e inclusive en algunos casos hasta de 100 metros, para generar suficientes recursos que permitan a algunas especies utilizarlos como corredores biológicos donde se permita la conectividad. Además, es importante también para las especies que pueden llegar a cumplir todo su ciclo de vida utilizando únicamente los recursos provistos en esta franjas sin colonizar parches boscosos de mayor tamaño (Eichner, 2002).

Sin embargo, para lograr un verdadero aumento en la diversidad en estas zonas se debe de tratar de proteger y restaurar dichos ecosistemas, ya que el ancho de las mismas influye directamente sobre la diversidad que puedan albergar, así, zonas más anchas se espera que sean utilizadas por mayor número de especies (Arcos et al., 2007). Además, la vegetación presente en ellas propician importantes recursos para la sustentación de poblaciones de especies acuáticas de vertebrados; de igual manera, organismos invertebrados se verán beneficiados. Lo anterior, se ve influenciado por la presencia de bosques ribereños debido al aporte de frutos que sirven de alimento, además de generar condiciones microclimáticas que regulan la temperatura y otras características físicas del agua, generación de refugios en las zonas de inundación, entre otros (Arcos, 2005).

Según Eloisegi y Díez (2009) existen tres aspectos importantes a tomar en la determinación de la funcionalidad y estado óptimo de estas asociaciones vegetales; a saber, primero, la extensión, anchura y continuidad longitudinal de la vegetación, después la conectividad entre el cauce y las orillas y por último la composición, madurez y estructura de la vegetación de ribera.

En los ecosistemas acuáticos existe una gran cantidad de impactos que afectan el bienestar del mismo, entre ellos se encuentran la degradación de la calidad del agua, problemas de la entrada de luz solar, debido a la gran acumulación de sedimentos, lo que puede generar una reducción de la fotosíntesis, así como que los sedimentos en ocasiones cubren las piedras del río, las cuales son utilizadas por algunos peces para colocar sus huevos (Broadmeadow, 2004 y Cecon, 2003).

Entre las problemáticas que se asocian a estos ecosistemas se encuentra la fuerte exposición a actividades antrópicas, esto debido a la creciente urbanización y a la falta de ordenamiento territorial, lo cual en gran parte provoca una pérdida de biodiversidad, invasiones biológicas y contaminación por efluentes domésticos e industriales (Viana et al., 2005).

Las altas concentraciones de algunos elementos como el fósforo, favorecen el rápido proceso de eutrofización, el cual es provocado por el exceso de nutrientes en el agua, que conlleva al incremento de plantas acuáticas de vida corta, las cuales al morir sufren del proceso de descomposición aeróbica, lo cual afecta al ecosistema en general, ya que el gran consumo de oxígeno durante este proceso, afecta el desarrollo de otras especies e incluso de las mismas plantas (Cecon, 2003).

La falta de hacer cumplir la ley de protección a la franja ribereña ha conducido a que las personas construyan sus casas o ranchos en las orillas de los ríos, lo cual genera problemas de salud ecosistémica, así como una mayor exposición a problemas de pérdida de sus pertenencias debido a las crecidas y otras razones.

Legislación relacionada con los bosques ribereños

En Costa Rica los bosques ribereños se encuentran protegidos por la ley forestal, en su capítulo IV referente a la protección forestal, dentro del artículo 33 para áreas de protección. En el cual, se declaran como zonas de protección forestal franjas de quince metros para zona rural y diez metros en zona urbana a ambos lados de los ríos. Además, en presencia de terrenos quebrados (Son aquellos que tienen una pendiente promedio superior al cuarenta por ciento. (Reglamento a la Ley Forestal, 1997)), se debe dejar una distancia de cincuenta metros en la ribera de los ríos (Ley Forestal N° 7575, 1996).

En cuanto al artículo 58 de dicha Ley, se hace referencia a que se interpondrán tres meses de prisión, a las personas que invadan un área de conservación o protección. Específicamente se explica: “Invada un área de conservación o protección, cualquiera que sea su categoría de manejo, u otras áreas de bosques o terrenos sometidos al régimen forestal, cualquiera que sea el área ocupada; independientemente de que se trate de terrenos privados del Estado u otros organismos de la Administración Pública o de terrenos de dominio particular. Los autores o partícipes del acto no tendrán derecho a indemnización alguna por cualquier construcción u obra que hayan realizado en los terrenos invadidos”.

Marco Metodológico

Se determinó la cobertura vegetal del río Copey, con el método de fotointerpretación de imágenes, para esto se utilizó ortofotos del Proyecto Regularización Catastral y Registral (PRCR) para Costa Rica entre 2007-2008 a escala 1:5000. Las fotografías fueron interpretadas a juicio de expertos y editadas en formato shapefile en el programa ArcGis 10.1. Se realizaron dos visitas de campo durante abril 2013, en las cuales se recorrió el cauce del río, para generar puntos de control geoposicionados de las coberturas, variaciones en la vegetación y toma de fotografías; con

el fin de corroborar y actualizar las coberturas al 2013. Una vez rectificados los datos se editó cartográficamente en tres mapas los resultados, a escala 1:10000.

Las categorías de uso del suelo utilizadas para el análisis geoespacial y comprobación de campo, se describen en el cuadro 1, los cuales fueron tomados y ajustados a las condiciones específicas de nuestro sitio de muestreo del documento de evaluación de los recursos forestales del programa FAO (2010), con respecto a la categoría de bosque se utiliza como medida de diferenciación entre bosque denso y bosque ralo el porcentaje de cobertura arbórea, así el primero debería ser terrenos con un porcentaje mayor al 75%, esto con el fin de realizar una caracterización más específica de la zona en cuestión.

Cuadro 1. Categorías de uso del suelo presentes en río Copey, Jacó, Puntarenas.

Categorías de uso del suelo	Abreviatura	Descripción
Bosque Denso	(BD)	Árboles altos, zonas muy quebradas, pocos sectores con indicios de erosión o derrumbes de tierra y zonas muy rocosas.
Bosque Ralo	(BR)	Zonas con árboles altura variable, pero diámetros bajos en comparación con los de bosque denso, presencia de indicios de erosión o derrumbes.
Herbazal Arbolado	(HA)	Arboles dispersos, zonas más alteradas, vegetación baja y zonas abiertas.
Herbazal	(H)	Zonas de pastos, hierbas y arbustos bajos, sin árboles o con muy baja cantidad y muy aislados.
Infraestructura vial	(IV)	Zona del río en la cual el río pasa por debajo del camino o puente.
Infraestructura urbana	(IU)	Borde del río sin vegetación y presencia de construcciones o edificaciones antrópicas.
Pastos	(P)	Ribera del río dominado totalmente por gramíneas.
Pastizal con borde arbustivo	(PBA)	Ribera del río dominada de gramíneas y en los bordes presencia de arbustos.
Borde urbano arbolado	(BUA)	Borde del río con presencia de edificaciones antrópicas y arboles dispersos.
Zona descubierta	(ZD)	Incluye zonas de meandros y del cauce del río sin lámina de agua presente.
Playa	(PI)	Zona más cercana a la desembocadura del río.

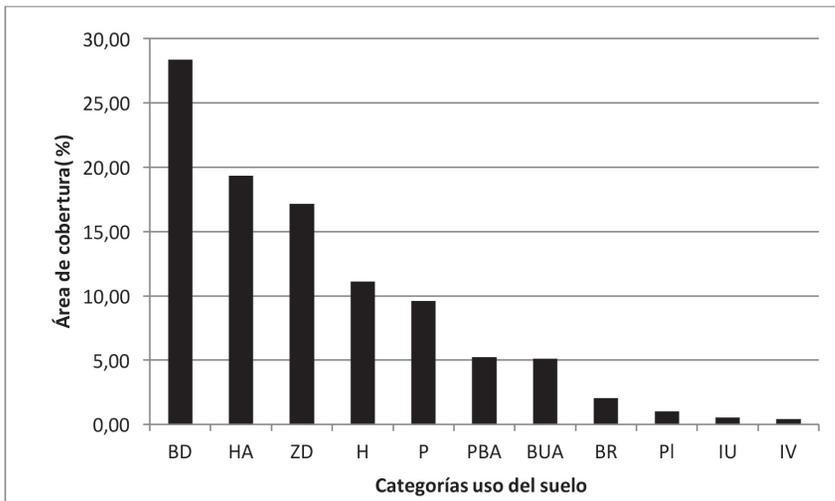
Fuente: tomado y modificado de FAO (2010).

En los sitios con mayor cobertura boscosa se realizaron parcelas de 300 m² (15 x 20 m). En total se muestrearon 3 coberturas (BD, BR y HA), para lo cual se establecieron 2 parcelas en cada una de ellas. Las mediciones consistieron en; el diámetro a la altura del pecho (DAP, 1,30 cm), la altura de los árboles, y cobertura del dosel en las cuatro esquinas y en el centro. También se calculó la pendiente en cada sitio.

Resultados y Discusión

La zona de protección equivale a un área total de 70 Ha y que en términos porcentuales a partir del levantamiento de usos del suelo el bosque denso (BD) representa el número predominante con un 28% localizado principalmente en la parte alta en un sector donde la pendiente es mayor al 40% y por consiguiente 50 m lineales al río son la condición de protección. Un 19% está caracterizado por herbazal arbolado (HA) un estado de uso que refleja degradación de la ribera con intervención antrópica presente en los espacios de actividad agrícola y ganadera. Las zonas descubiertas (ZD) componen un 17%, estos espacios dejan al descubierto el cauce del río en áreas de alta productividad agrícola en la parte media y baja siendo vulnerable a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Ver gráfico 1).

Gráfico 1: Área de cobertura (%) de las categorías de uso de suelo sobre la zona de protección del Río Copey, Puntarenas, Costa Rica.



Fuente: Elaboración propia (2016).

El uso de suelo predominante en la zona de estudio corresponde al BD; sin embargo, esto se presenta únicamente en la parte alta de la cuenca, ya que aguas más abajo se observan otros usos de suelo que proveen una menor cobertura vegetal, tales como ZD y HA, estas zonas pueden representar sitios con gran potencial para futuros esfuerzos de restauración tanto pasiva como activa, para estos esfuerzos se debe tomar en cuenta las actividades agrícolas y económicas que se generan en el sitio de estudio, ya que estas determinarán los principales usos y presiones sobre el recurso hídrico y la vegetación ribereña (Ortiz-Arrona et al., 2005).

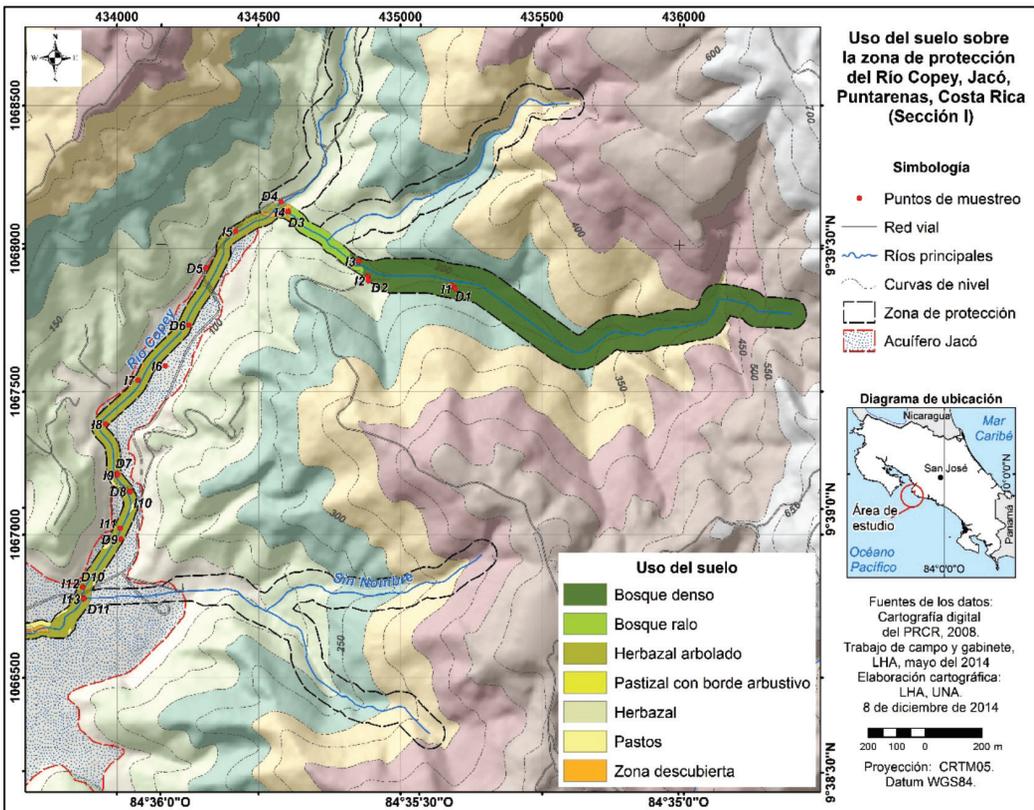
En la sección I o la parte alta del río Copey se presenta una predominancia de bosque denso con un 61% del área, seguida por herbazal arbolado con un 31%. La primera, es la zona menos impactada por las actividades antrópicas y que muestra un adecuado estado de protección de la ribera del río. Además, en este sector se localiza la planta de toma y tratamiento de aguas potables del AyA para el acueducto de Jacó, aspecto que determina la condición actual del sitio (Ver mapa 2).

Estas zonas presentan gran potencial, ya que tienen condiciones aptas para la recolonización de especies vegetales. Si se toma en cuenta que zonas como el BD pueden servir de banco de semillas, esto asegura la dispersión de especies adaptadas a la zona de estudio (Meli, 2003), por lo que es de suma importancia el proteger las zonas más altas del cauce de este río y sus alrededores.

Asimismo, la debida conservación y protección de la zona alta asegura que diferentes agentes antrópicos no perturben y degeneren las riberas del río y no las convierta en zonas altamente vulnerables. Se requiere considerar que cualquier actividad dentro de esta área con pendiente tan pronunciada podría generar consecuencias como erosión, derrumbes y eventuales daños a infraestructura tanto pública como privada.

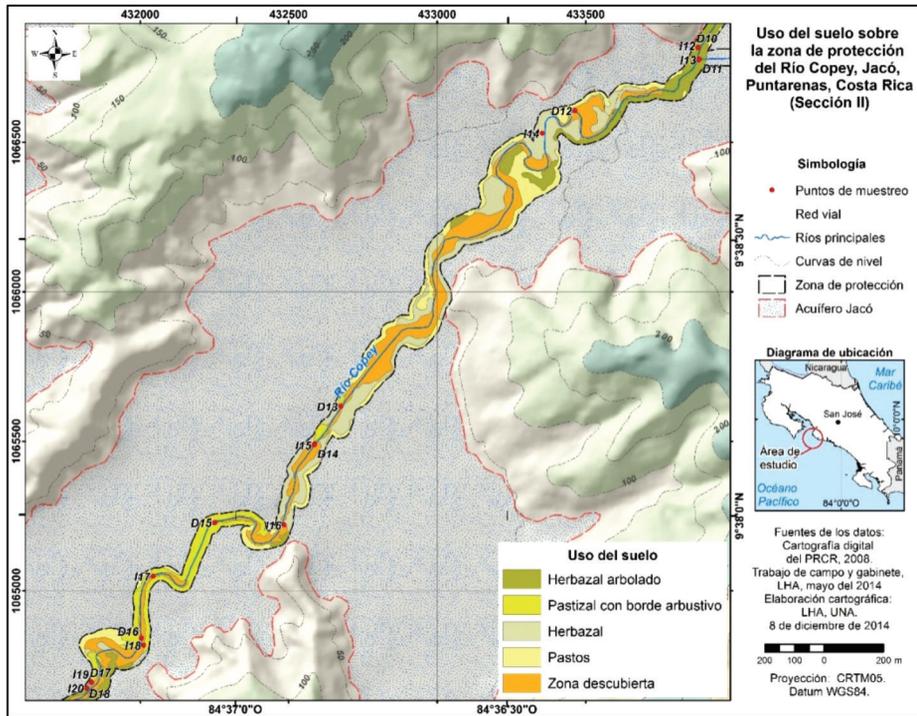
Dentro de la franja de protección de la parte media del río (Ver mapa 3) predomina la cobertura de herbazal arbolado con un 29%, mientras con un 28% la zona descubierta. Con lo cual se identifica la fuerte influencia de la actividad ganadera y agrícola con el cultivo de arroz, frijol y maíz. Además, una exposición directa del cauce a los diferentes agentes contaminantes tanto orgánicos nitrogenados por los excrementos de los animales como de pesticidas de los cultivos cercanos.

Mapa 2: Uso de suelo en la parte alta (Sección I), sobre la zona de protección del Río Copey, Jacó, Puntarenas, Costa Rica.



Fuente: Elaboración propia a partir de puntos de GPS (2016).

Mapa 3: Uso de suelo en la parte media (Sección II), sobre la zona de protección del Río Copey, Jacó, Puntarenas, Costa Rica.

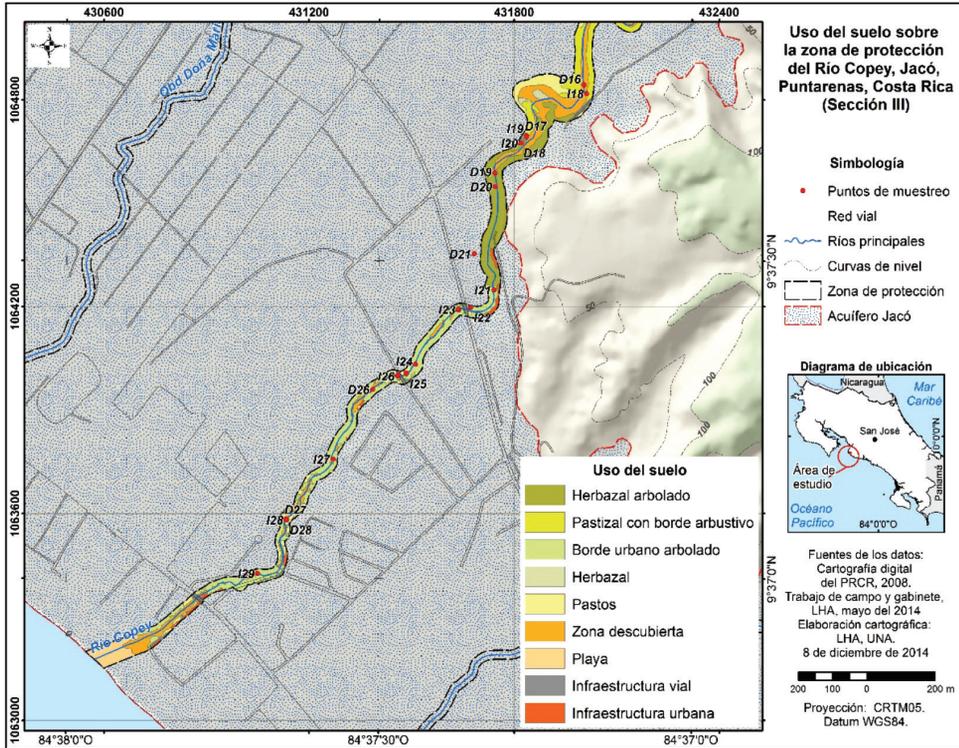


Fuente: Elaboración propia a partir de puntos de GPS (2016).

Con porcentajes menores y distribuidos en la sección II y III, usos caracterizados por la intervención antrópica son predominantes y que en conjunto tienen un alto potencial de impacto al ecosistema del río. Aguas abajo la cobertura boscosa pierde terreno y se irrespetan aún más el margen del cauce con actividades de tipo urbana, agrícola y ganadera que conllevan a una contaminación del río por botadero de basura clandestinos, disposición de aguas negras y servidas, lavadero de autos, entre otras.

Por otra parte, aproximadamente un 28% del cauce presenta una inclinación de pendiente por encima del 40%, el resto se sitúa sobre la planicie aluvial con pendientes no mayores al 5%, sobre esta zona el río genera meandros y sectores de inundación. Aspecto que incrementa las amenazas los pobladores ubicados dentro de las márgenes del río a causa de las crecidas y la degradación del mismo cauce a falta de vegetación (Ver mapa 3 y 4).

Mapa 4: Uso del suelo en la parte baja (Sección III), sobre la zona de protección del Río Copey, Jacó, Puntarenas, Costa Rica.



Fuente: Elaboración propia a partir de puntos de GPS (2016).

En cuanto a la parte baja del río, aparecen infraestructuras urbanas, en forma de pequeños parches que en conjunto pueden ser altamente contaminantes dentro de la franja de protección, esta cobertura es determinada por casas de habitación, locales industriales como talleres mecánicos e infraestructura vial, incluido los puentes. Aquí la contaminación puede ser constante y persistente por los diferentes vertidos o desechos depositados en el margen. Sin embargo, persisten algunas zonas con herbazal arbolado (16%) en la zona antepuesta al casco urbano. Aguas abajo la vegetación disminuye predominando los pastizales con borde arbustivo (21%) y zona descubierta (12%). Ver mapa 4.

Para evitar un avance en la pérdida de cobertura a lo largo de la cuenca, se recomienda la implementación de esfuerzos de restauración

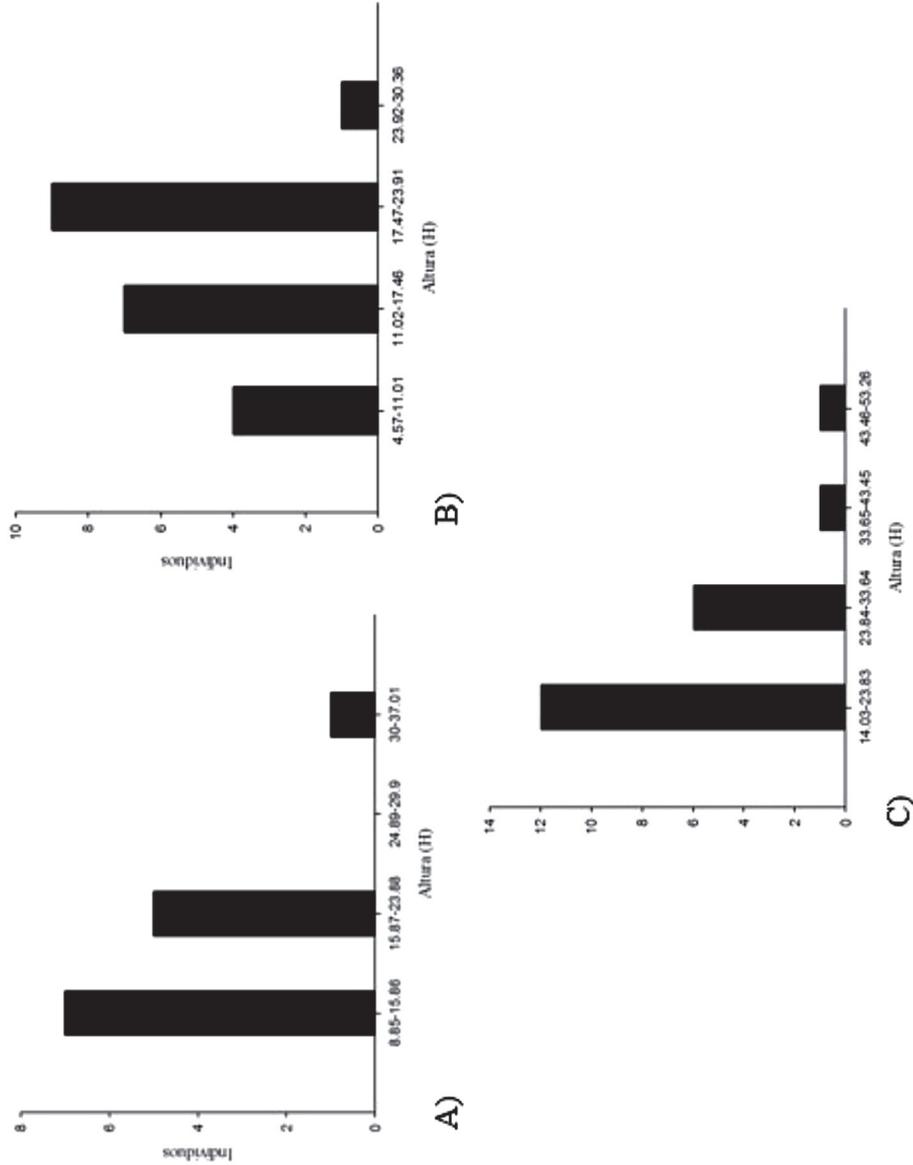
que tomen en cuenta tanto las características físicas y biológicas del sitio, así como aspectos sociales como el estilo de vida de las personas que habitan estas zonas y sus necesidades (Romero *et. al.*, 2014). Por lo tanto, para poner en acción medidas de restauración en la parte media y baja de la cuenca (Sección II y III) se debe tomar en cuenta la opinión y participación activa de las comunidades aledañas con el fin de empoderar a los habitantes de este tipo de procesos y lograr transmitir la importancia e impacto que podrían tener, siempre tomando en cuenta que en estas secciones de la cuenca hay una mayor interacción con el cauce del río, debido a la proximidad tanto de cultivos como de infraestructura urbana.

Caracterización de la sucesión: El bosque denso presentó pendientes entre 21.59° y 31.63° , el bosque ralo mostró una pendiente menor (15.19°), mientras que el herbazal arbolado era plano o con una pendiente del terreno muy baja.

Por otra parte, como se esperaba la mayor cobertura arbórea se presentó en el bosque denso (BD), 88.55 ± 0.57 (% \pm DE), seguida del bosque ralo (BR) 73.5 ± 9 (% \pm DE), y por último el herbazal arbolado (HA) 54.16 ± 1.17 (% \pm DE), esto debido a que la densidad arbórea disminuye según la clasificación previamente asignada.

Para las alturas se observó que el HA, tiene pocos individuos con alturas mayores a 24 m, el BR presentó la mayoría de individuos entre los 17.47-23.91 m, mientras que en el BD, los árboles son los más altos de las tres coberturas pero con varios individuos en las categorías más bajas (Gráfico 2).

Gráfico 2: Categorización de las alturas para tres tipos de cobertura A) Herbazal arbolado (HA), B) Bosque ralo (BR) y C) Bosque denso (BD), en el Río Copey.



Fuente: Elaboración propia a partir de mediciones en el campo (2016).

Las clases diamétricas muestran una dominancia de los DAP entre 10.2- 45.23 m para el HA, mientras que en los otros dos tipos de cobertura se observa una mayor homogeneidad en las clases diamétricas (Gráfico 3).

A pesar de estas diferencias encontradas entre los sitios con respecto a la cantidad de individuos encontrados, los datos tanto de alturas como DAP nos muestran zonas en donde aún se encuentran en etapas de sucesión tempranas probablemente por procesos de tala y alteraciones presentados en el pasado, esto se ve reflejado en alturas por debajo de los 24m, y que para esta zona del país no representan una asociación vegetal madura (más de 60 años) en donde los árboles se espera alcancen más de 50m de altura (Quesada-Monge, 2008).

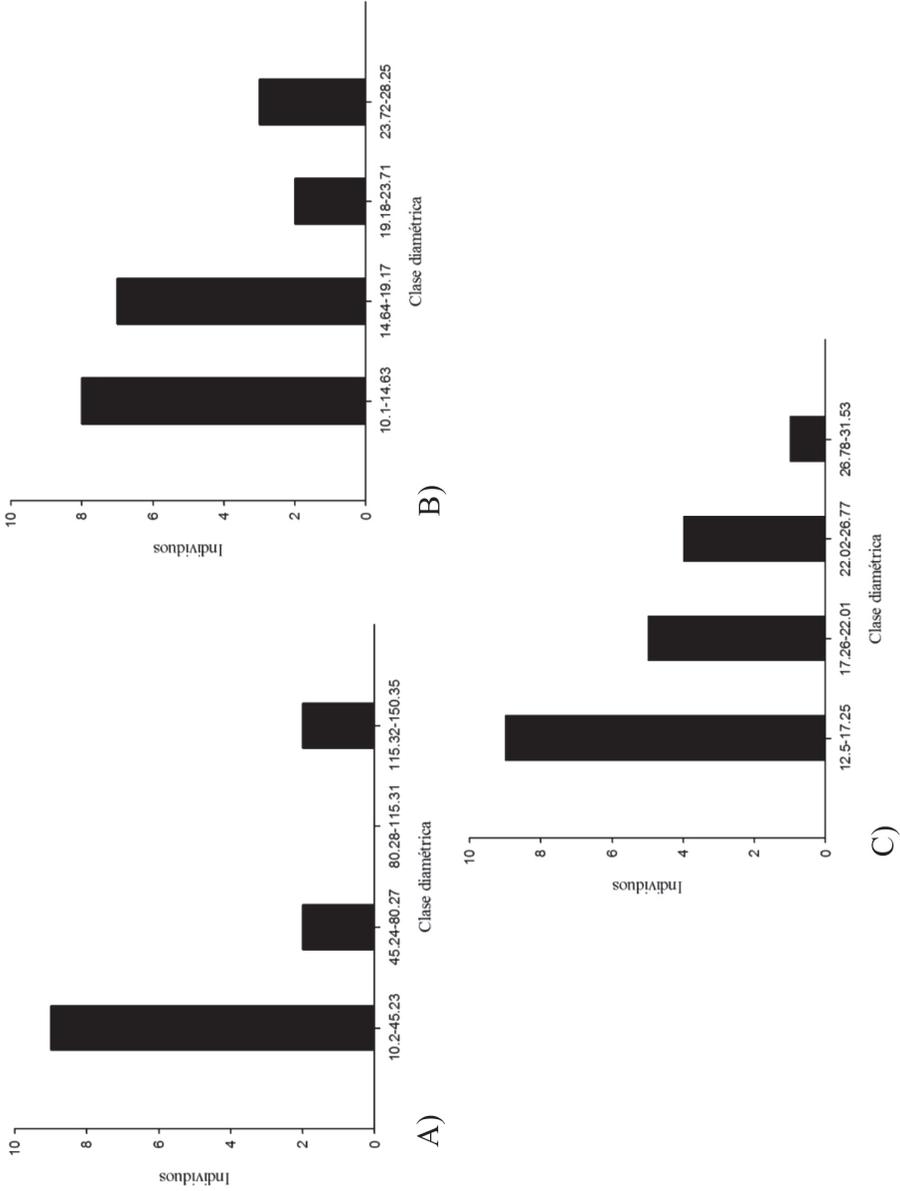
Conclusiones

El presente estudio, permite reconocer tres condiciones a lo largo del río Copey. La parte alta presenta zonas en las cuales se mantiene la zona protectora en las cercanías del cauce, la parte media proporciona una sección aprovechable para la siembra de árboles y posterior regeneración, ya que predominan herbazales o bosques secundarios intervenidos; por último, se pudo visualizar la parte baja del río como la sección más degradada y mayor presencia de actividad humana, tanto cultivos como asentamientos urbanos.

En la zona media del cauce se puede observar una gran área desprovista de vegetación, pero, de igual manera sin infraestructura urbana, lo cual nos indica que es una de las zonas de mayor potencial para esfuerzos de restauración, por lo que se recomienda determinar las principales presiones en estas zonas, así como la delimitación de zonas adecuadas para proyectos de restauración y determinar el grado de degradación de estas zonas (Romero et al., 2014).

En la zona media de este cauce un sector es el principal foco de contaminación tanto por aguas negras como por residuos sólidos, el cual está ubicado en el sector más cercano a un caserío, por lo que se recomienda un trabajo especial con esta comunidad con el objetivo de disminuir el impacto sobre el recurso hídrico y de igual manera con el fin de disminuir el riesgo de esta comunidad ante un eventual desastre natural debido a su vulnerabilidad por su cercanía al río.

Gráfico 3. Clases diamétricas para tres tipos de cobertura A) Herbazal arbolado (HA), B) Bosque ralo (BR) y C) Bosque denso (BD), en el Río Copey



Fuente: Elaboración propia a partir de mediciones en el campo (2016).

Referencias

- Arcos, I., Jiménez, F., Harvey, C. y Casanoves, F. (2007). Riqueza y abundancia de aves en bosques ribereños de diferentes anchos en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras. *Revista Biología Tropical*, 56(1), 355-369.
- Arcos, I. (2005). *Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad de agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras*. Tesis De Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Broadmeadow, S. y Nisbet, T. (2004). The effects of riparian forest management on the freshwater environment: a literature review of best management practice. *Hydrology & Earth System Sciences*, 8 (3), 286-305.
- Cardona, J. (2003). *Calidad y riesgo de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras*. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Ceccon, E. (2003). Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. *Ciencias* 72, 46-53.
- Chará, J., Giraldo, L., Chará-Serna, A. y Pedraza, G. (2011). Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambientes* 61, 60-66.
- Eichner, T. (2002). Ackerly Creek: Riparian buffer survey, Pennsylvania, Keystone College's Willary Water Discovery Center. 18p.
- Elosegi, A. y Díez, J. (2009). *La vegetación terrestre asociada al río: el bosque de ribera. En: Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. Bilbao, España.
- FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Informe principal (Informe general). FRA2010/041 (p.346). Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Gayoso, J. y Gayoso, S. (2003). *Diseño de zonas ribereñas requerimientos de un ancho mínimo*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. y López-Ríos, G. (2006). Ecología de las Zonas Ribereñas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12, 55-69.
- Instituto Geográfico Nacional. (1986). *Hoja cartográfica Herradura*. Escala 1:500000. Proyección Lambert Norte, datum Clarck 1866. Impresión: Editora IGN. San José, Costa Rica.
- Kutschker, A., Brand, C. y Miserendino, M. L. (2009). Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral* 19, 19-34.
- Ley Forestal N° 7575 (1996). En Gaceta Oficial N° 72. La asamblea legislativa de la República de Costa Rica.
- MAG. (1991). *Mapa de capacidad de uso del suelo para Costa Rica*. Escala 1:200000. Proyección Lambert Norte, datum Clarck 1866. Impresión: Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA). San José, Costa Rica.
- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia* 28(10), 581-589.
- Ortiz-Arrona, C. I., Gerritsen, P. R. W., Martínez, L. M., Allen, A. y Snoep, M. (2005). *Restauración de bosques ribereños en paisajes antropogénicos, en el occidente de México*. Simposio Internacional sobre Restauración Ecológica. Villa Clara, Cuba.
- Peraza, M. (2009). *Evaluación de la zona de recarga hídrica y bosques ribereños en la Subcuenca del Río Cumes, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras*. Tesis de Licenciatura. Carrera de desarrollo socioeconómico y ambiente. Zamorano, Honduras.
- Programa Araucaria. (2001). *Caracterización de la vegetación de la cuenca del Río Savegre*. (Informe final). Santo Domingo, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Proyecto de Regularización Catastral y Registral (PRCR). (2005-2008). *Cartografía digital de Costa Rica. Escala: 1:5000*. Proyección: CRTM05, datum WGS84. Registro Nacional. San José, Costa Rica.
- Quesada-Monge, R. (2008). Manual para promover la regeneración natural en pastos degradados en el Pacífico Central y Norte de Costa Rica. Corporación Garro y Moya. 63 p.

David Matthey-Trigueros, Jonathan Navarro-Picado, Priscilla Obando-Rodríguez, Alicia Fonseca-Sánchez, Christian Núñez-Solis. Characterization of vegetation cover and land use within the buffer zone of Copey river, Jacó, Puntarenas, Costa Rica.

- Reglamento a la Ley Forestal (1997). La Gaceta N° 16. La Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.
- Romero, F., Cozano, M., Gangas R. y Naulin, P. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque* 35 (1), 3-12.
- Sirombra, M. y Mesa, L. (2010). Composición florística y distribución de los bosques ribereños subtropicales andinos del río Lules, Tucumán, Argentina. *Revista Biología Tropical*, 58, 499-510.
- Viana, M., Amorós, E., Romero, G., Larenas, G. y Mamaní, Y. (2005). *Ecología urbana: diagnóstico sanitario- ambiental en tres sectores del sistema ribereño Arias- Arenales*. Informes Técnicos del Instituto de Ecología y Ambiente Humano.

TENDENCIA PLUVIOMETRICA Y CONCENTRACIÓN ESTACIONAL DE PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MOXOTÓ – PERNAMCUO – BRASIL

RAINFALL TENDENCIES AND SEASONAL RAINFALL CONCENTRATION IN RIO MOXOTÓ WATERSHED - PERNAMBUCO – BRAZIL

Keyla Manuela Alencar da Silva Alves¹

Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile

Ranyére Silva Nóbrega²

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

RESUMEN

La cuenca hidrográfica del río Moxotó está ubicada en la región Semiárida de Brasil, según IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), el Semiárido sería una de las regiones de Brasil que más presentaría alteraciones climáticas futuras por efecto de actividades humanas. El uso del test estadístico el Mann-Kendall es ideal para la detección de tendencias en series de datos climáticos. El test Mann-Kendall fue aplicado en una serie temporal de 1930 a 2014, los datos fueran obtenidos de 32 estaciones meteorológicas APAC – Agencia Pernambucana de Aguas y Clima) que están distribuidas por toda el área de la cuenca. Los objetivos de este estudio son:

1 Académica doctora de la Escuela de Ingeniería en Geomensura de la Universidad Tecnológica Metropolitana (Chile). Correo electrónico: keyla.alencar09@gmail.com

2 Académico doctor del Departamento de Ciencias Geográficas de las Universidade Federal de Pernambuco (Brasil). Correo electrónico: ranyere.nobrega@ufpe.br

Fecha de recepción: 30 de junio de 2016
Fecha de aceptación: 26 de setiembre de 2016

identificar posibles tendencias en la serie de datos de precipitación; e identificar la concentración estacional de la precipitación, para definir los meses más lluviosos de la cuenca

Palabras clave: semiárido; tendencia; clima, cuenca hidrográfica

ABSTRACT

The Moxotó river watershed is located in the Brazilian semiarid region. According to the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), the semiarid region would be one of the Brazilian areas which would experience more future climatic alterations caused by anthropic activities. Using the statistical test Mann-Kendal is perfect for detecting tendencies in series of climate data. The Mann-Kendal test was applied in a temporal sequence from 1930 to 2014, the rainfall data was obtained from 32 meteorological stations (APAC – Agency from Pernambuco of water and climate), which was distributed all over the watershed. The main purposes of this research are identifying possible tendencies in a sequence of data precipitation, and recognizing the temporal concentration of precipitation in order to determine the rainy months of the study area.

Keywords: semiarid, tendencies, climate, watershed.

Introducción

Diversos estudios buscan analizar y predecir cómo será el clima futuro del Nordeste brasileiro Moura (1981), Sant’anna e Zavatini (2000), Conti (2005), Marengo (2007), Carvalho (2006), Lacerda *et al* (2009), Gondim *et al* (2009), Girão (2009), Nóbrega *et al* (2014), Costa *et al* (2015) e Barbosa *et al* (2016.), utilizando distintos métodos y conceptos para describir los aspectos de la variación del clima, tales como: variabilidad, fluctuaciones, tendencias climáticas, ciclo climático y cambios climáticos. Las investigaciones sobre los cambios climáticos en Brasil, además de buscar respuestas para las posibles causas, también buscan identificar alteraciones en el clima y tales investigaciones favorecen con los avances en los conocimientos sobre la dinámica climática regional y local de muchas partes del país.

A fines del siglo pasado, Nobre *et al* (1991) afirmó que los cambios de causa antrópica estaban produciendo severas modificaciones en el estado actual del clima, que las intervenciones humanas eran las principales responsables por el calentamiento global y por consecuencia causarían cambios en el clima futuro. Sin embargo, Black (2001) afirma que los cambios observados en el clima global aun no eran suficientes para imputar al hombre la culpa por el calentamiento global, pero afirmó ser innegable la influencia humana en la dinámica de los geosistemas, contribuyendo directamente en las alteraciones de frecuencia, especialmente en el clima local, como por ejemplo, el clima urbano.

Un método de investigación de las alteraciones en los patrones climáticos es el análisis de tendencias en series temporales. Yevjevich (1972) definió el análisis de tendencias en series temporales como la identificación de cambios sistemáticos en los parámetros de las amuestras periódicas o case periódicas.

El análisis de las tendencias en variables climáticas es un método también aplicado para monitorear cambios climáticos globales. Entre las técnicas existentes para realizar análisis de tendencias la metodología propuesta por Mann y Kendall es la recomendada por la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

Identificar tendencias nítidas solamente analizando la información entregada por los gráficos de las series temporales es inútil. Se puede identificar años más secos y otros más lluviosos, pero, es bastante difícil detectar si ocurren variabilidades o ciclos de años con predominancia de una u otras características. Por lo tanto, es fundamental aplicar un método estadístico que posibilite identificar si existen tendencias nítidas en las series en análisis.

La cuenca hidrográfica del río Moxotó está ubicada en una región (Semiárida) caracterizada por la expresiva variabilidad estacional (inter e intra – anuales) de la precipitación, intensa extracción de la cobertura vegetal, y con altos niveles de fragilidad ambiental (Belfort & Barbosa, 2011). La cuenca del Moxotó también pasó por intensos procesos de intervenciones antrópicas que provocaran impactos y potencializaron la vulnerabilidad. Al final de la década de 1970 el Departamento Nacional de obras contra la sequilla – DNOCS crió el perímetro irrigado en la cuenca. Según Montenegro (2009, p. 36-37) “el sistema de irrigación era totalmente utilizado para el aprovechamiento de los suelos aluviales, siendo los métodos gravitacionales los más aplicados, no habiendo ninguna preocupación con la baja eficiencia de la distribución del agua, propia del método”. El perímetro irrigado del Moxotó se convirtió en un centro económico de gran importancia, alcanzando su potencial máximo en la década de 1980. Sin embargo, la falta de gestión de la cuenca y el uso excesivo del agua llevaron a cabo un proceso de racionamiento, restringiendo el uso de agua para la irrigación en 1991 y su total paralización en 1996, provocando impactos negativos a la economía regional y local; también al medio ambiente y la población (Montenegro, 2009).

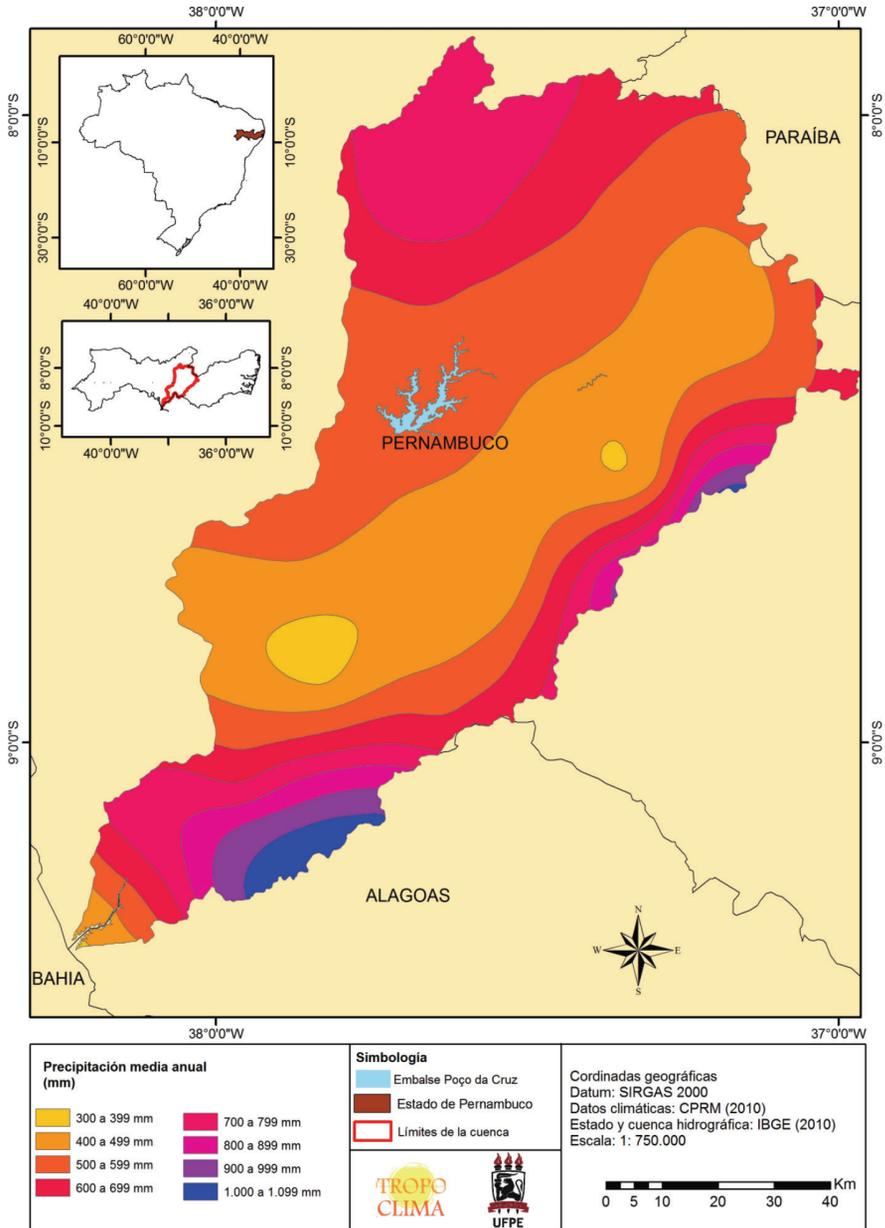
Los objetivos de este estudio son identificar posibles tendencias en la precipitación de la cuenca del Moxotó durante el período de 1930 a 2014, e identificar los meses más lluviosos a través del análisis de concentración estacional de la precipitación del mismo período.

Área de estudio

La cuenca hidrográfica del río Moxotó se encuentra totalmente ubicada en la región Semiárida del Nordeste brasileiro. La Cuenca está dividida entre el sector central del estado de Pernambuco y el oeste del estado de Alagoas. Posee un área de aproximadamente 9.752,71 km² (siendo 8.778,05 km² en el estado de Pernambuco y 974,66 km² en el estado de Alagoas).

El clima predominante en la cuenca del Moxotó, según la clasificación genérica de Köppen es el BShW', corresponde al tipo cálido y seco, con total pluviométrico anual medio de 700 mm y lluvias concentradas en los meses de enero a mayo (figura 1). La temperatura, humedad relativa y evaporación potencial media anual son de 25°C, 55% e 2.000 mm, respectivamente (Perrazzo, 2002). Con todo es importante tener en cuenta que el clima de la región Semiárida no debe ser comprendido solamente por las informaciones descritas por la clasificación genérica. Este clima se configura por su extrema variabilidad e influencias de eventos climáticos extremos; como por ejemplo, El Niño/La Niña. La región Semiárida presenta una tasa de precipitación relativamente alta, pero la distribución estacional de las lluvias está concentrada en pocos meses del año (período lluvioso), y todos los demás meses son de sequía. Otro aspecto de la climatología de la región que contribuye con la escasez del agua son los altos niveles de evapotranspiración que provocan déficit en el acumulo de agua (Angelotti *et al.* 2009; Assis *et al.*, 2014).

Figura 1: Mapa de la precipitación media histórica de la cuenca hidrográfica del río Moxotó



Fuente: Datos CPRM – Servicio Geológico de Brasil, 2010 (Elaborado por la Autora)

Metodología

Teste Mann-Kendall

Este trabajo utilizó como método de análisis de la tendencia de la precipitación el test Mann-Kendall. El test fue aplicado en los datos anuales de precipitación del período de 1930 hasta 2014. Fueron utilizados únicamente datos de las estaciones meteorológicas ubicadas en el estado de Pernambuco. No hay muchas estaciones activas en el extremo sudoeste de la cuenca, territorio que corresponde al estado de Alagoas, y las escasas estaciones que existen presenta fallas en los datos.

Berger (1986) considera que el teste Mann-Kendall es el método más apropiado para analizar tendencias en series climatológicas. También que este método permite detectar y localizar el punto aproximado de inicio de una determinada tendencia.

El test Mann-Kendall es un teste no-paramétrico (Kendall, 1975; Mann, 1945), sugerido para evaluar la tendencia en series de datos ambientales (Yu *et al.*, 2007). El test consiste básicamente en la comparación entre los valores que componen una misma serie temporal, en orden secuencial (Silva, 2007). También, considera la hipótesis de estabilidad de la serie temporal. Siendo así, la sucesión de valores de la serie temporal denota deformación independiente y la distribución de la probabilidad debe permanecer la misma (serie aleatoria simples).

En una serie temporal de observaciones x_1, x_2, x_n , Mann (1945) propone que para que la hipótesis nula (H_0) sea la verdadera los datos que componen la serie temporal deben ser variables aleatorias, independientes e igualmente distribuidas. Para que la hipótesis alternativa (H_1) sea la verdadera los datos de la serie temporal deben seguir una tendencia monoatómica.

La ecuación 1 representa la estadística del teste Mann-Kendall:

$$S = \sum_{k=1}^{n_1-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Donde:

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$

X_j representa los datos estimados de la secuencia de valores, n representa el tamaño de la serie temporal. Reciben valor cero (0) si $(X_j - X_k) = 0$; y [-1] si $(X_j - X_k) > 0$, por fin, [1] si $(X_j - X_k) < 0$. Supone que H_0 sea verdadera, S debe presentar una distribución aproximadamente normal con media cero y variancia $\text{Var}(S) = [(n*(n-1)*(2*n+5)]/18$.

El resultado de S indica la posible existencia de tendencias, desde que el valor de S sea significativamente diferente de cero. Siendo S diferente de cero, la hipótesis nula H_0 puede ser rechazada, y la hipótesis alternativa H_1 sería aceptada (Mann, 1945).

El valor estadístico del teste es representado por Z , se expresa en la ecuación (2) a seguir:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(\text{Var}(S))^{1/2}} & \text{Se } S > 0 \\ 0 & \text{Se } S = 0 \\ \frac{S+1}{(\text{Var}(S))^{1/2}} & \text{Se } S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

La existencia de una tendencia estáticamente significativa es evaluada por el valor de Z . el valor positivo de Z indica cuando hay aumento en la tendencia y el valor negativo indica disminución en la tendencia. El valor Z es el parámetro de salida del test Mann-Kendall. Para probar cualesquier tendencia, creciente o decreciente, para un nivel de significancia α , se rechaza la hipótesis nula cuando el valor absoluto de Z sea mayor que $Z_{1-\alpha/2}$.

En este estudio se aplicó el nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Siendo así, cuando el valor absoluto de Z sea igual que 0 la hipótesis nula al nivel de 5% será aceptada, sin tendencia (Ts). Siendo el resultado de Z igual o mayor que 1,96 representa valor positivo, lo que indica existencia de tendencia significativa creciente (Tsc); siendo el resultado de Z menor que 1,96 demuestra tendencia no significativa creciente (Tnsc); cuando el resultado de Z es igual o menor que -1,96 indica valor negativo y tendencia significativa decreciente (Tsd), y cuando Z presenta resultado mayor que -1,96 indica tendencia no significativa decreciente (Tnsd) (tabla 1) (Alves *et al.*, 2015).

Tabla 1: Descripción de la significancia del test Mann - Kendall

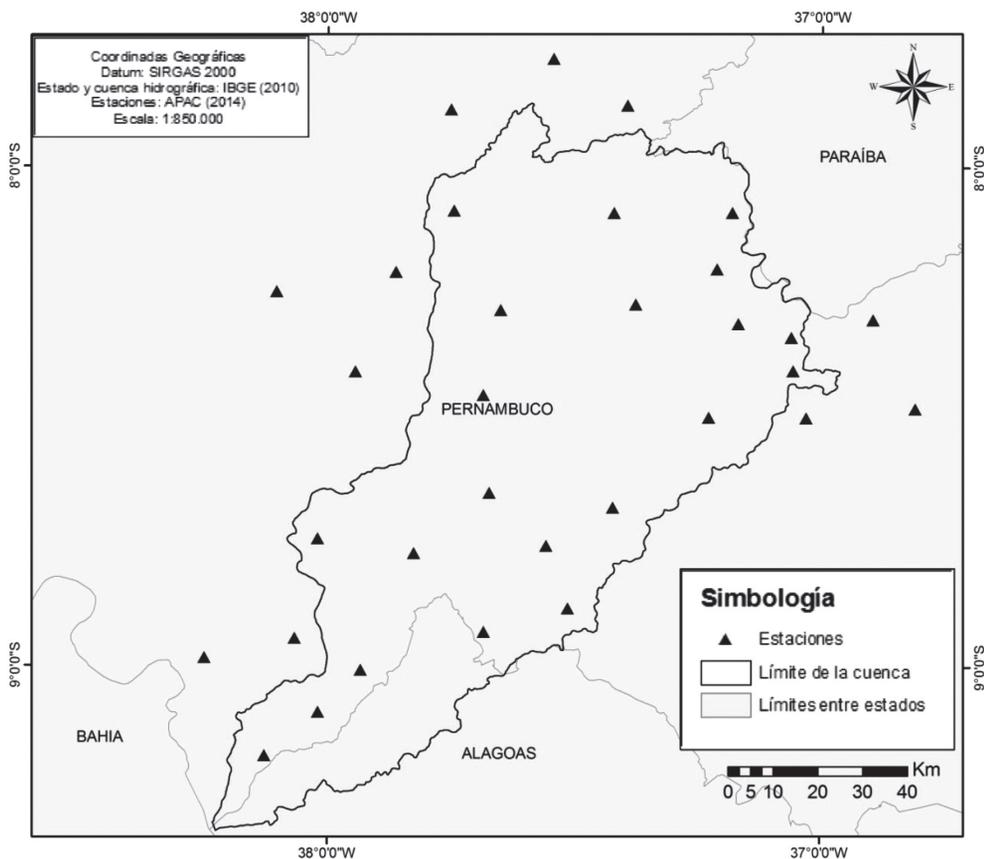
SIGNIFICANCIA	SIMBOLOGÍA	Z
Sin tendencia	ST	0
Tendencia significativa creciente	TSC	$> + 1,96$
Tendencia significativa decreciente	TSD	$< - 1,96$
Tendencia no significativa creciente	TNSC	$< + 1,96$
Tendencia no significativa decreciente	TNSD	$> - 1,96$

Fuente: Alves *et al.*, 2015 (adaptado por la autora)

Resultados

Como se ha mencionado anteriormente, para realizar los análisis de las tendencias en la precipitación en la cuenca del Moxotó se utilizaron los datos pluviométricos del período de 1930 - 2014. Este período corresponde a la serie más larga con registros completos para las 32 estaciones meteorológicas que se encuentran dentro de los límites de la cuenca. Entre las 32 estaciones, algunas ya no están vigentes en la actualidad. Toda la información referente a ellas está disponible en el banco de datos de la APAC – Agencia Pernambucana de Aguas y Clima (figura 2).

Figura 2: Mapa de la distribución espacial de las estaciones meteorológicas.



Fuente: Datos de la Agencia Pernambucana de Agua y Clima – APAC, 2014 (elaborado por la autora).

Las estaciones fueron divididas por grupos de acuerdo con la localización espacial de donde estaban instaladas en la cuenca. La división y agrupación se dio de la siguiente forma:

Tabla 2: Agrupación de las estaciones según localización espacial

ESTE	OESTE	CENTRO
arcoverde-206	betânia-93	ibimirim-brejo do piore-431
arcoverde-334	betânia-cachoeira do leite-228	ibimirim-ipa-14
acorverde-chesf-47	custodia-147	ibimirim-jeritaco-424
arcoverde-fazenda quixaba-517	custodia-chesf-46	ibirmim-moxotó-388
arcoverde-ipa-16	custodia-povoado caiçara-234	ibimirim-poço da cruz-468
arcoverde-pcd-231	custodia-quitimbu-449	ibimirim-pcd-489
		ibimirim-pcd-poço da cruz-494
SUR	NORTE	
inajá-149	sertânia-185	
inajá-juazeiro dos candidos-391	sertânia-albuquerque né-401	
inajá-pernambuco-323	sertânia-algodões-75	
inajá-poço alexandre-322	sertânia-carualina-315	
inajá-chesf-33	sertânia-henrique dias-427	
	sertânia-henrique dias-339	
	sertânia-ipa-243	
	sertânia-moderna-143	

Fuente: Datos de la Agencia Pernambucana de Agua y Clima – APAC, 2014 (elaborada por la autora).

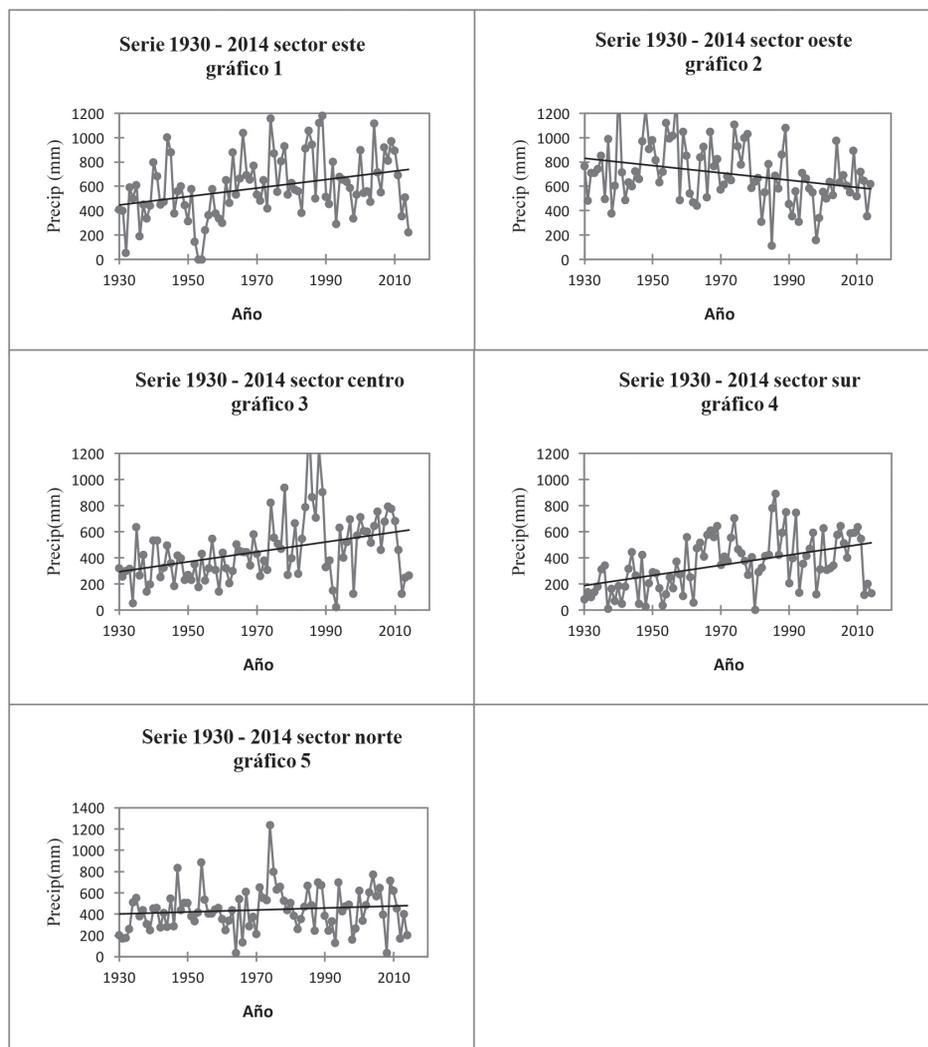
Según los resultados del teste Mann-Kendall la precipitación en la cuenca del Moxotó presentó tendencias significativas crecientes en tres sectores (este, centro y sur). El sector Oeste presentó tendencia significativa decreciente, y el sector Norte presentó tendencia no significativa creciente. Los resultados pueden ser observados en la tabla 3 y en los gráficos (1, 2, 3, 4 y 5) que se presentan a continuación:

Tabla 3: Resultados del teste Mann – Kendall aplicado para detección de tendencia en la precipitación de la serie 1930 – 2014

ANÁLISIS DE TENDENCIA EN LA PRECIPITACIÓN		
SECTORES DE LA CUENCA	CÁLCULO Z	TENDENCIA $\alpha=0,05$
Este	2,20	TSC
Oeste	-1,70	TSD
Centro	2,90	TSC
Sur	3,26	TSC
Norte	1,05	TNSC

Fuente: Datos de la Agencia Pernambucana de Agua y Clima – APAC, 2014. Elaborada por la autora.

Gráficos 1, 2, 3, 4 y 5: Resultados del índice Mann-Kendall para la serie 1930 – 2014.



Fuente: Datos de la Agencia Pernambucana de Agua y Clima – APAC, 2014 (elaborada por la autora)

Los resultados del test Mann-Kendall en el sector Este de la cuenca presentó tendencia significativa creciente $Z=2,20$ (gráfico 1), la precipitación media de la serie fue de 592,9 mm y la desviación estándar de 261,3 mm. Este resultado indica que en la serie temporal de 1930 a 2014 hay una

tendencia de aumento en las precipitaciones en este sector de la cuenca. También, el sector Este es el que posee la media de precipitaciones más elevada de toda la cuenca. Así como el sector Este, el Centro de la cuenca también presentó tendencia significativa creciente de $Z= 2,90$ (gráfico 2). La media de precipitaciones en el Centro fue de 453 mm, la desviación estándar 247,5 mm. El sector Sur de la cuenca fue el tercer sector a presentar tendencia significativa creciente $Z= 3,26$ (gráfico 3), la media de precipitación de este sector fue de 350,9 y la desviación estándar 207,7 mm.

El sector Oeste de la cuenca fue el único que presentó tendencia significativa decreciente $Z= -1,70$. De acuerdo con los análisis de los resultados del test para este sector, se presentó disminución en las precipitaciones en los años de la serie temporal en cuestión. El valor de la precipitación media fue de 470 mm, y la desviación estándar 238,8 mm (gráfico 4).

El Norte de la cuenca, según los resultados del test, presentó tendencia no significativa creciente $Z= 1,05$. Para este sector la media de precipitación fue de 441, 1 y la desviación estándar de 200, 4. Los datos de la serie temporal de este sector presentaban valores semejantes entre sí, lo que resultó en una baja variabilidad de la precipitación (gráfico 5).

Tomando en cuenta que tres sectores de la cuenca del Moxotó que presentaron tendencias significativas crecientes, es importante destacar que la región donde está ubicada la cuenca del Moxotó es el Semiárido brasileiro, característico por el déficit hídrico. No obstante, el Semiárido brasileiro, comparado con las demás regiones Semiáridas del mundo, es la región con tales características que posee las más altas medias pluviométricas anuales, entre los 200 mm hasta 800 mm de lluvias al año. A pesar de presentar altos niveles de precipitación, las lluvias en el Semiárido brasileiro son irregulares. Además, las tazas de evapotranspiración de la región ultrapasa las de precipitación, o sea, la cantidad de lluvia es menor que el índice de evapotranspiración, que es de 3 mil mm/año, la evapotranspiración es tres veces mayor que la cantidad de lluvia que precipita en la región (Rebouças, 1997; Malvezzi, 2007; Baptista & Campos, 2014). Por lo tanto, los mismos resultados del test demuestran que tres quintos de la cuenca presentan aumentos en la precipitación, pero, que aún no son suficientes para superar el déficit hídrico de la cuenca.

Las precipitaciones no se distribuyen homogéneamente durante todo el año. En el Semiárido pernambucano, también se observa gran

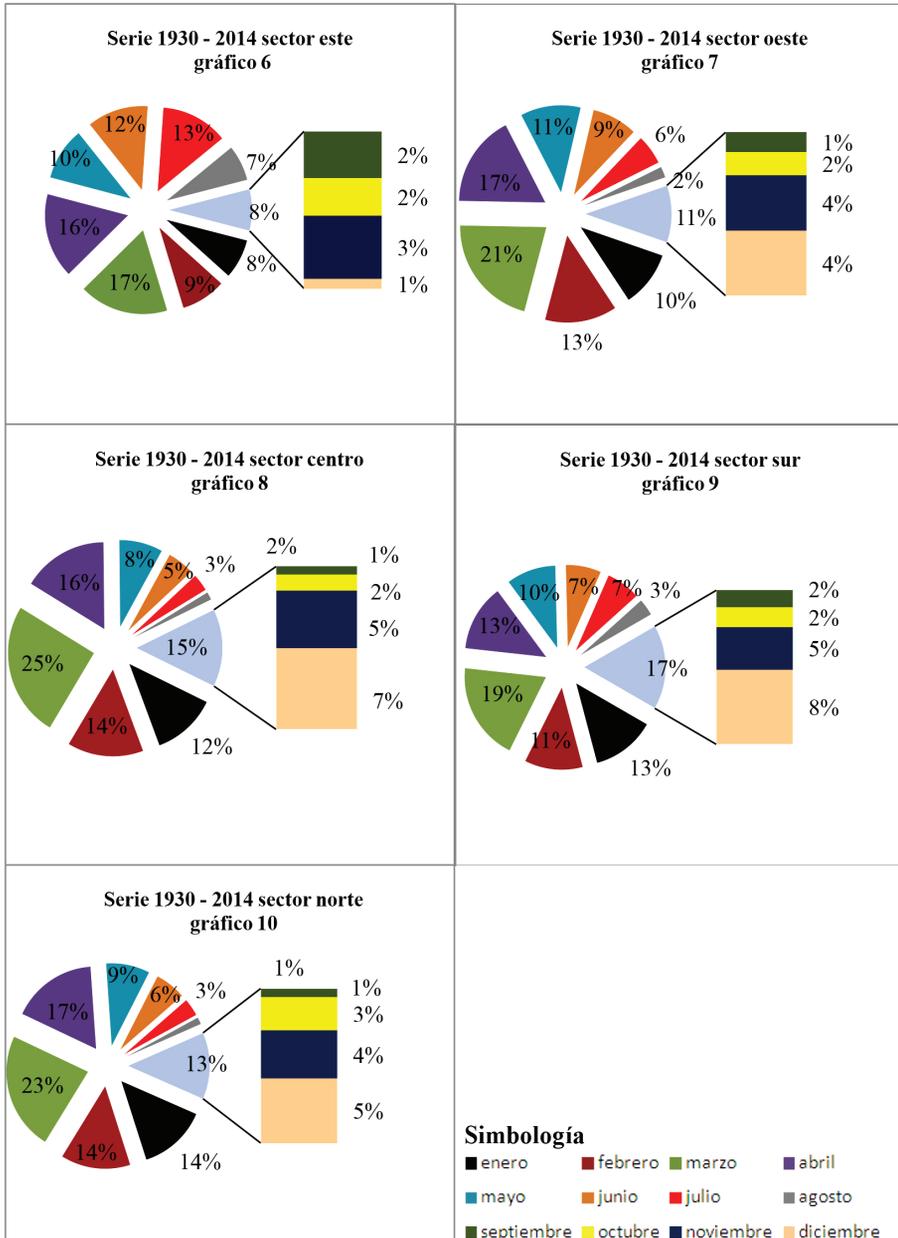
concentración de la lluvia en pocos meses del año. Tal concentración parece más evidente cuando la medida en que las precipitaciones medias disminuyen. Esta concentración de las lluvias, asociada a las altas temperaturas, que posee pequeña variación anual (las temperaturas en esta región son prácticamente las mismas durante todo el año), se permite distinguir solamente dos estaciones: seca y lluviosa (Nimer, 1979).

El Semiárido pernambucano es característico por concentrar la precipitación anual en solo un periodo que varía entre 3 a 4 meses, con irregularidades espacio-temporales (Prado, 2003; Nascimento, 2008). Según Souza e Oliveira (2006) tal período de concentración ocurre principalmente entre febrero hasta septiembre, con máximas de marzo hasta julio, siendo junio y julio los meses más lluviosos.

Para identificar los meses con mayor concentración de la precipitación en la serie de 1930 – 2014 fueron analizados los valores de las medias mensuales. Algunas referencias sobre la dinámica climática del Semiárido pernambucano afirman que la concentración de las lluvias en esta región ocurre en los primeros cuatro meses del año (Molion e Bernardo, 2000; Souza e Oliveira, 2006; Marengo *et al.*, 2008; Medeiros *et al.*, 2015, en otras referencias afirman que el período lluvioso corresponde a los meses de marzo hasta junio (Neves *et al.*, 2010; Macedo *et al.*, 2010; Filho *et al.*, 2016; Aquino *et al.*, 2016).

Fueron creados gráficos (a partir de la misma serie (1930 -2014) de datos utilizada para el test Mann-Kendall), con las medias mensuales. Los resultados de las mismas fueron transformados en valores de porcentaje con el objetivo de evidenciar los meses más lluviosos de cada sector de la cuenca. Los resultados pueden ser observados en los gráficos (6, 7, 8, 9 y 10), los mismos se muestran a continuación:

Gráficos 6, 7, 8, 9 y 10: Resultados del porcentaje de concentración de lluvia por mes de la serie de datos 1930 - 2014.



Fuente: Datos de la Agencia Pernambucana de Agua y Clima – APAC, 2014 (elaborado por la autora)

El análisis de los resultados demuestran que en el sector Este la concentración temporal de la precipitación ocurre en los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio, sumando 66% del total de las precipitaciones del sector. Los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero presentaron 34% del total de las precipitaciones (gráfico 6).

En el sector Oeste, se observó que los meses de febrero, marzo y abril concentraron 51% del total de las precipitaciones y que los demás meses (mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero) tuvieron 49% del total de las precipitaciones (gráfico 7). El centro de la cuenca presentó 67% de la concentración de lluvia en los meses de enero, febrero, marzo y abril; mientras que mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre concentraron 33%.

Los resultados del sector Sur de la cuenca indica que los meses más lluviosos fueron enero, febrero, marzo, abril y mayo suman 66% del total de las precipitaciones. Los demás meses, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre suman 34% del restante total de las precipitaciones. En el sector Norte los meses de enero, febrero, marzo y abril concentraron 68% del total de las lluvias, mientras que los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre se suman 32% de las precipitaciones restante.

La predominancia de este período lluvioso concentrado en los meses de febrero hasta marzo, está condicionado por la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). La ZCIT es considerada el sistema atmosférico más importante generador de precipitaciones sobre la región del Ecuador, iniciando su migración para la región Nordeste de Brasil, a finales de abril e inicio de mayo, período cuando las lluvias probablemente serán abundantes (Cavalcanti, *et al.*, 2009).

Conclusiones

De acuerdo con la metodología propuesta en este estudio y los respectivos resultados y análisis, se concluye que no hay una distribución homogénea de la tendencia de precipitación en la cuenca hidrográfica del río Moxotó. A través de la aplicación del teste Mann-Kendall fue posible evidenciar que dentro de una misma cuenca hidrográfica pueden existir variaciones en la tendencia pluviométrica. Los sectores Este, Centro, y Sur presentan tendencias significativas crecientes; el Oeste de la cuenca

presentó tendencia significativa decreciente y el sector Norte presentó tendencia no significativa creciente.

En relación con los resultados estadísticos de la distribución estacional de la precipitación, se concluye que la serie temporal 1930 – 2014 de la cuenca del Moxotó presenta concentración de las precipitaciones en los meses de enero hasta julio, con máximas entre los meses de febrero hasta mayo y los meses más lluviosos fueron marzo y abril. Este fue el resultado para todos los sectores de la cuenca.

Agradecimientos

Se da las gracias a la Fundación de Amparo a la Ciencia del estado de Pernambuco (FACEPE) por financiar esta investigación. También, se agradece el apoyo del Laboratorio de Climatología Tropical e Eventos Extremos (TROPOCLIMA) y de la Universidad Tecnológica Metropolitana.

Referencias

- Alves, T. L. B., Azevedo, P. V. & Farias, A. A. (2015). Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(6), 1601-1614.
- Angelotti, F., Sá, I. B., Menezes, E. A. & Pellegrino, G. Q. (2009). *Mudanças climáticas e desertificação no semi-árido brasileiro*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Petrolina.
- Aquino, R. S., Lemos, C. G., Alencar, C. A., Silva, E. G., Lima, R. S., Gomes, J. A. F. & Silva, A. F. (2016). A realidade da caprinocultura e ovinocultura no semiárido brasileiro: um retrato do sertão do Araripe, Pernambuco. *PUVET*, (10), 271-281.
- Assis, J. M. O., Calado, L. O., Souza, W. M. & Sobral, M. C. (2014). Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco - PE nos anos de 1985 e 2010. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(5), 859-870.
- Barbosa, V. V., Souza, W. M., Galvincto, J. D. & Costa, O. S. (2016). Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco - Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(2), 353-367.
- Batista, N. & Campos, C. H. (2014). *Caracterização do semiárido brasileiro*. Conselho nacional de segurança alimentar e nutricional, Brasília.

- Belfort, C. F. & Barbosa, I. R. (2011). Avaliação da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó em Pernambuco Utilizando Geoprocessamento. *Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto* (p. 1137). Curitiba: INPE.
- Berger, A. (1986). Annual and saesonal climatic variations the northern hemisphere and Europe during the last century. *Annales Geophysicae*, 4 (B4), 385-400.
- Black, R. (2001) Environmental Refugees: Myth or Reality? *New Issues in Refugee Research*, working paper n. 34.
- Cavalcanti, I. F., Ferreira, N. J., Silva, M. G. & Dias, M. A. (2009). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Carvalho, J. O.(2006). *Programa de Combate à desertificação no âmbito do Proágua semiárido*. Ministério da Integração Nacional. Brasília.
- Conti, J. B. (2005). Considerações Sobre Mudanças Climáticas Globais. *Revista do Departamento de Geografia* (16), 70-75.
- Costa, M. S., Lima, C. K., Andrade, M. M. & Gonçalves, A. W. (2015). Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(5), 1321-1334.
- CPRM. (2004). *Base de dados geoambientais da bacia hidrográfica do rio Moxotó - PE*. Programa de hidrogeologia do Brasil.
- Filho, J. A. S.; Araújo, S. C. & Nogueira, V. F. B. (2016). Análise temporal do regime pluviométrico no município de Souza - PB. *Revista Verde de Agroecologia e Abelhas*, 11, 8-13.
- Girão, O. (2009). Mudanças climáticas globais: Impactos sobre o espaço nordestino - o aumento dos eventos pluviais extremos. *Revista de Geografia - UFPE*, 26, 216-255.
- Gondim, R., Castro, M. A., Maia, A. & Evangelista, S. (2009). Climate change and irrigatin watter requirement at Jaguaribe river basin, semi-arid northeast of Brazil. *IOP Conference series: Earth and environmental science* . Salvador.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. Charles Griffin. London. p.120.
- Lacerda, F. F., Nobre, P., Dias, H. & Santos, A. A. (2009). Um estudo de detecção de mudanças climáticas no semiárido de Pernambuco. *III Simpósio Internacional de Climatologia*, (p. 6). Canela.

- Macedo, M. J. H., Souza, R. V. G., Assis, S. S. F. & Cunha, F. R. D. (2010). Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. *Revista ambiente e água*, (5), 204 - 214.
- Malvezzi, R. (2007). *Semi-árido: uma visão holística*. Pensar Brasil, São Paulo.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259.
- Marengo, J. A. (2007). *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - caracterização do clima atual e definições climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Marengo, J. A., Alves, M. L., Beserra, A. E. & Lacerda, F. F. (2008). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *Parcerias estratégicas*, 27, 385-422.
- Medeiros, R. M., Francisco, R. M., Matos, R. M., Santos, D. & Saboya, L. M. F. (2015). Diagnóstico das flutuações pluviométricas no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(4), 1017-1027.
- Molion, L. C. B. & Bernardo, S. O. (2000). Dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. *UFAL*, 1-9.
- Moura, A. D. & Shukla, J. (1981). On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *American Meteorological Society*, 38, 2653-2675.
- Montenegro, A. A. A. (2009). *Programa de Capacitação de Técnicos em Hidrometria para Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Perímetros Irrigados*. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFPE. RECIFE.
- Nascimento, L. R. (2008). *Dinâmica Vegetal e Climática Holocênica da Caatinga, na Região do Parque Nacional do Catimbau, Buíque - PE (Dissertação de Mestrado)*. Recife: UFPE.
- Neves, E. L., Funch, L. S. & Viana, B.F. (2010). Comportamento fenológico de três espécies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* (33), 155-166.
- Nimer, E. (1979). *Pluviometria e recursos hídricos dos estados de Pernambuco e Paraíba*. SUPPEN, Rio de Janeiro.

- Nobre, C. A., Sellers, P. J. & Shukla, J. (1991). Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, 4(10), 957-988.
- Nóbrega, R. S. & Santiago, G. A. (2014). Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e a Variabilidade de precipitação em Pernambuco. *Mercator*, 13, 107-118.
- Perazzo, G. M. (2002). *Perfil do saneamento ambiental em 29 municípios da área de Xingó*. Imprensa Universitária, Recife.
- Prado, D. E. (2003). *As Caatingas da América do Sul - Ecologia e conservação da Caatinga*. Brasília: Ministerio do Meio Ambiente.
- Rebouças, A. d. (1997). Água na região Nordeste: Desperdício e escassez. *Revista Estudos Avançados*, 11(29), 127-154.
- Sant'anna neto, J. L. & Zavatini, J. A. (2000). *Variabilidade e mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioecômicos*. Maringá: EDUEM.
- Silva, D. G. (2007). *Evolução Paleoambiental dos Depósitos de Tanques em Fazenda Nova, Município de Brejo da Madre de Deus - Pernambuco. (Dissertação de Mestrado)*. Recife: UFPE.
- Souza, M. J. N. & Oliveira, V. P. V. (2006). Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste brasileiro. *Revista Mercator*, 5, 85-102.
- Yevjevich, V. (1972). *Stochastic processes in hydrology*. Colorado: Water Resources Publications.
- Yu, J.-Y., & Kao, H.-Y. (2007). Decadal changes of El Niño persistence barrier in SST and ocean heat content indices: 1958-2001. *Geophysical Research Letters*.

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO CON FINES DE RIEGO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO NARANJO, CUBA

INDEX OF VULNERABILITY OF WATER RESOURCES FOR IRRIGATION IN THE BASIN OF NARANJO RIVER, CUBA

*Yoandris García-Hidalgo*¹
Universidad de Las Tunas, Cuba

RESUMEN

El análisis de vulnerabilidad de la cuenca del río Naranjo, es un estudio técnico de diagnóstico que aporta información básica y estratégica para el plan de gestión integral del recurso hídrico. Para el estudio, se tomaron seis puntos representativos de la cuenca. La vulnerabilidad de la cuenca se determinó a través de los indicadores del régimen hidrológico y calidad del agua en base a los criterios de FAO para aguas de riego. Como resultado se determinó que el índice de la vulnerabilidad por desabastecimiento se ha incrementado de moderada a alta, es atribuido por la muy baja capacidad de regulación y retención hídrica y el uso moderado del recurso. Las aguas son no aptas para el riego de los cultivos agrícolas, tienen restricciones ligeras a moderadas. Existe peligro de alcalinización de los suelos producto de las concentraciones de bicarbonato en las aguas. La vulnerabilidad podría incrementarse con la presencia de algunos factores derivados con el cambio climático, por efecto de reducción en la oferta y por una mayor demanda de agua de las actividades agrícolas de la zona.

Palabras clave: vulnerabilidad, aptitud para el riego, retención hídrica, stress hídrico cuenca río Naranjo

¹ Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias, Profesor Auxiliar de la Facultad de Agronomía, Universidad de Las Tunas, provincia Las Tunas, Cuba. Correo electrónico: yoandrisgh@ult.edu.cu

Fecha de recepción: 18 de agosto de 2016
Fecha de aceptación: 14 de octubre de 2016

ABSTRACT

The vulnerability analysis of the Naranjo River Basin is a technical diagnostic study that provides basic and strategic information for the comprehensive management plan for water resources. For this study, six representative sections of the basin were considered. The vulnerability of the basin was determined through indicators of the hydrological regime and water quality based on FAO criteria for irrigation water. As a result, it was determined that the vulnerability index due to shortages has increased from moderate to high, and it has been attributed to the very low capacity for regulation and water retention and moderate use of the resource. The waters are not suitable for irrigation of agricultural crops, and they have slight to moderate restrictions. There is a danger of soil alkalization resulting from concentrations of bicarbonate in the water. The vulnerability could increase with the presence of some factors derived from climate change, due to the reduced supply and increased demand for water for agricultural activities in the area.

Keywords: vulnerability, suitability for irrigation, water retention, water stress Naranjo River Basin

Introducción

El agua es un elemento fundamental para la vida de los seres humanos, está presente en todas las actividades que realizan y hasta hoy no se conoce otra sustancia que pueda sustituirla, por esa razón, se considera que es el recurso que definirá el desarrollo sostenible. (Troballes, 2015).

Hay evidencia que los recursos hídricos son vulnerables al cambio climático y que las consecuencias sobre la sociedad y los ecosistemas dependen de las medidas de adaptación (IPCC, 2007; 2008).

El análisis de vulnerabilidad en las cuencas hidrográficas, es un estudio técnico de diagnóstico que aporta información básica y estratégica para el plan de gestión integral del recurso hídrico. La vulnerabilidad de dichos sistemas se determina a través de los indicadores del régimen hidrológico y calidad del agua en base a los criterios de FAO para aguas de riego.

El estrés hídrico y los problemas de calidad del agua son los eventos adversos más probables a escala global (IPCC, 2008). Se estima además, una mayor demanda de agua para el riego en los climas cálidos, lo cual puede generar un incremento de la competencia por el uso entre los distintos sectores (Magrin et.al., 2007; Rosenzweig et.al, 2004).

La calidad de las aguas, junto a la cantidad, es uno de los indicadores del componente sistemas ambientales para calcular el índice de sostenibilidad ambiental que considera la habilidad de los países para proteger el medio ambiente en las próximas décadas (Chaves y Alipaz, 2007). Esos indicadores son identificados por las Naciones Unidas para definir el desarrollo sostenible. De ahí la importancia de su estudio en las cuencas hidrográficas.

Es necesario, por tanto, analizar la vulnerabilidad de los recursos hídricos, para cualificar el grado de fragilidad de la fuente con respecto al abastecimiento y a la amenaza de sequía cuando se presentan períodos con condiciones climáticas extremas (IPCC, 2008; Sharma, 2009). La vulnerabilidad se puede abordar evaluando la susceptibilidad de los sistemas hídricos para conservar y mantener su régimen hidrológico actual y determinando la vulnerabilidad de los sectores usuarios del recurso, ante la amenaza de cambios sustanciales en el régimen hidrológico (Salazar, 2008).

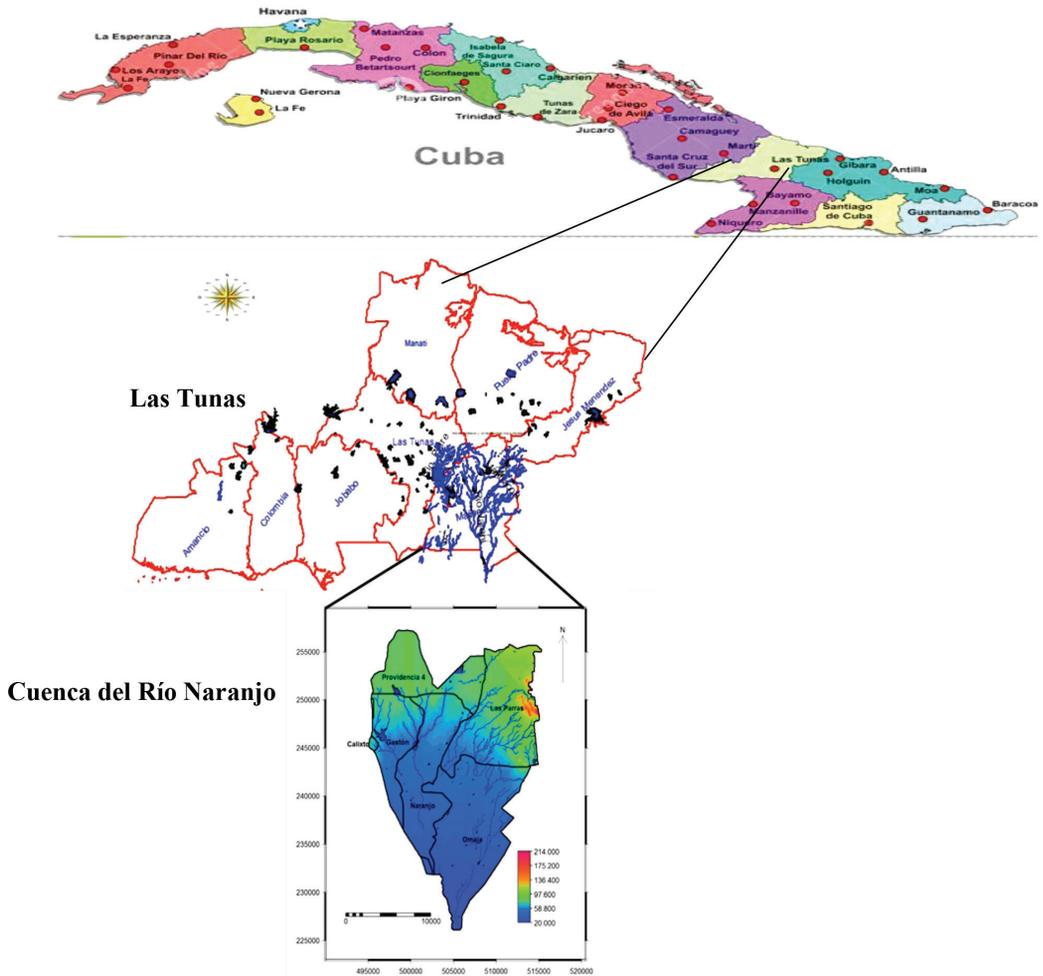
Referentes de estudios en esta temática se pueden citar varios ejemplo de ellos son los estudios: Vulnerabilidad de los recursos hídricos de México ante el cambio climático (2015), en colaboración con la CONAGUA, ha impulsado los estudios de vulnerabilidad de los recursos hídricos en México. En la actualidad los pronósticos mundiales dicen que el planeta está sufriendo un calentamiento y que este calentamiento debiera irse acelerando en las próximas décadas, lo que pondrá en juego toda la capacidad de la humanidad para adaptarse a una condición climática bastante distinta a la actual.

Esta investigación tiene como objetivo realizar una evaluación de la vulnerabilidad del recurso hídrico con fines de riego en la cuenca hidrográfica del río Naranjo.

Materiales y métodos

La zona de estudio se localiza entre las coordenadas: 20° 39' 00''-21° 01' 00'' latitud norte y 76° 36' 30''-76° 52' 30'' longitud oeste, en el municipio Majibacoa, provincia Las Tunas, Cuba. Figura I. Su superficie es de 412,8 km², por lo que representa el 7,8 % de la cuenca del río Cauto de la cual es tributaria.

Figura I. Cuenca hidrográfica del río Naranjo, Las Tunas, Cuba.



La vulnerabilidad del recurso hídrico fue analizada considerando la susceptibilidad de la cuenca para conservar y mantener el régimen hidrológico actual ante posibles alteraciones por variabilidad climática o por la acción antrópica. Se emplearon los indicadores del régimen hidrológico, sugeridos por el IDEAM, (2010).

Se tomó referente metodológico los sistemas de indicadores para la evaluación de riesgos propuestos por Carreño, (2013).

Indicadores evaluados

Los indicadores evaluados fueron: índice de retención y regulación hídrica, índice de aridez, el índice de stress hídrico relativo y los indicadores de calidad del agua según las directrices para interpretar la calidad de las aguas para riego definidos por Ayres y Westcot (1987). La metodología para el cálculo de cada uno de los índices se describe a continuación:

Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH): mide la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales; la interpretación se presenta en la Tabla I. Se calcula a partir de la curva de duración de caudales medios diarios, según la ecuación (IDEAM, 2010):

$$IRH = VP/V_t \quad EC: 1$$

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio

V_t: Volumen total representado por el área bajo la curva.

Tabla I: Calificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

IRH	Calificación cualitativa	Descripción
>0,85	Muy alta	Muy Alta retención y regulación de Humedad
0,75-0,85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0,65-0,75	Moderada	Media retención y regulación de humedad
0,50-0,65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
<0,5	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente: IDEAM (2010).

Índice de Aridez: representa la dinámica superficial del suelo y evidencia los lugares con déficit o excedentes de agua; es determinado a partir de la evapotranspiración potencial y real, empleando la ecuación (2); la interpretación se presenta en la Tabla II (IDEAM, 2010):

$$I_a = \frac{ETP - ETR}{ETP} \quad EC: 2$$

Donde:

I_a : Índice de aridez

ETP: Evaporación potencial (mm)

ETR: Evaporación real (mm)

Tabla II: Calificación del Índice de aridez

Índice de Aridez	Calificación cualitativa	Descripción
< 0,15	Altos excedentes	Altos excedentes de agua
0,15- 0,19	Excedentes	Excedentes de agua
0,20 – 0,29	Moderado y excedentes	Moderado y excedentes de agua
0,30 – 0,39	Moderado	Moderado
0,40 – 0,49	Bajo	Moderado y deficitario de agua
0,50-0,59	Deficitario	Deficitario de agua
>0,60	Altamente deficitario	Altamente deficitario de agua

Fuente: IDEAM (2010).

Índice de stress hídrico relativo: El programa mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO, ha definido una serie de indicadores para medir el nivel de estrés sobre el recurso que incluye el índice de stress hídrico relativo también conocido como demanda de agua relativa (RWSI)- Tabla III, establece la demanda disponible para uso industrial, doméstico y de agricultura. Se calcula a partir de la siguiente expresión (UNESCO, 2009):

$$RWSI = \frac{D+I+A}{Q} \quad \text{EC: 3}$$

Donde:

Q: suministro de agua- km³/año

D: Demanda de agua para uso doméstico- km³/año

I: Demanda de agua para uso industrial- km³/año

A: Demanda de agua para la agricultura - km³/año

Tabla III: Umbrales del índice de stress hídrico

Índice de Escasez	Calificación cualitativa	Observaciones
> 0,4	Alto	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico. Es insuficiente la oferta hídrica para atender la alta demanda de agua por los sectores productivos y se restringe el desarrollo económico. Se requieren fuertes inversiones para mejorar la eficiencia de utilización en los sectores productivos
0,2 – 0,4	Medio	La oferta hídrica llega al límite máximo para atender la demanda. Es necesario el ordenamiento de la cuenca y asignar prioridades a los distintos usos.
0,10- 0,2	Moderado	La disponibilidad de agua se puede convertir en factor limitante del desarrollo. Se debe implementar un mejor sistema de monitoreo y seguimiento a largo plazo
<0,1	Bajo	No se experimental presiones sobre el recurso hídrico en términos de cantidad de agua

(UNESCO, 2009; IDEAM, 2008)

Fuente: IDEAM (2010).

Indicadores de calidad de las aguas para el riego

Para determinar la aptitud del agua para el riego se utilizaron los siguientes criterios:

1. Diagrama de Wilcox: para determinar la clasificación de las aguas de acuerdo a sus contenidos de sales solubles totales y de sodio.
2. Salinidad efectiva (SE)²:
 - a) Si el $Ca^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$ entonces:

$$SE = \sum (CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-})$$
 - b) Si el $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$ pero $Ca^{2+} > (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$ entonces:

$$SE = \sum Ca^{2+}$$
 - c) Si el $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$ pero $Ca^{2+} + Mg^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^-$ entonces:

$$SE = \sum (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$$
 - d) Si el $Ca^{2+} + Mg^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$ entonces:

$$SE = \sum (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

2 En todos los casos las concentraciones de los iones se expresan en me.l-1.

3. Salinidad potencial (SP):

$$SP = Cl^- + \frac{SO_4^{2-}}{2}$$

4. Relación de Adsorción de Sodio corregida (SARx):

$$SARx = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

5. Porcentaje de Sodio Posible (PSP):

$$PSP = \frac{Na^+}{SE} * 100$$

6. Coeficiente de irrigación (Ka):

a) $Na < Cl^-$; el coeficiente viene dado por la expresión: $Ka = \frac{288}{SCl^-}$

b) $Cl^- + SO_4^{2-} > Na^+ > Cl^-$ el coeficiente vendrá expresado por:

$$Ka = \frac{288}{Na^+ + 4Cl^-}$$

c) $rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-}$ el coeficiente viene dado por:

$$Ka = \frac{288}{10Na^+ - SCl^- + 9SO_4^{2-}}$$

7. Índice de saturación de Langelier (IL):

$$IL = pH_{real} - pH_c$$

pH_c : es un valor teórico calculado del pH del agua de riego en contacto con calcio y en equilibrio con el CO_2 de suelo. Se halla en función de los cationes calcio, magnesio y sodio, y los aniones carbonato y bicarbonato (Fuentes, 2003).

Resultados y discusión

Análisis de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad del recurso hídrico fue evaluada considerando la susceptibilidad de la cuenca para conservar y mantener el régimen

hidrológico. Para interpretar y analizar los procesos hidrológicos y estimar la vulnerabilidad de la cuenca, se emplean indicadores que permiten caracterizar el régimen hidrológico para el período 1990-2013.

Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

El alto coeficiente de variación de las series de caudal que fluctúa desde el 59% en la Red Cal 419, hasta el 91 % en la Red Cal 429, se demuestra la baja capacidad de regulación hídrica de la fuente. El IRH calculado con los caudales simulados (Q Simulados) es ligeramente mayor que el obtenido con los caudales observados (Q Observados).

Tabla IV: Índice de retención y regulación hídrica- IRH. 1990-2013.

RED CAL	IRH (Q Observados)			IRH (Q Simulados)			Categoría IRH < 0,5
	RH promedio	IRHp50	IRH INT	IRH promedio	IRHp50	IRHINT.	
419	0,34	0,25	0,31	0,41	0,30	0,36	Muy bajo
420	0,36	0,22	0,34	0,35	0,23	0,32	Muy bajo
424	0,43	0,32	0,38	0,42	0,30	0,37	Muy bajo
425	0,37	0,26	0,33	0,42	0,31	0,37	Muy bajo
429	0,31	0,24	0,41	0,45	0,30	0,38	Muy bajo

Fuente: Elaboración propia (2016).

Índice de Aridez

Para el período 1990-2013, los valores medios del índice de aridez, determinados a partir de la evapotranspiración potencial y real se presentan en la Tabla V. En las secciones media-alta y baja de la cuenca se tienen excedentes de aguas; mientras que en secciones altas y media son moderados y con excedentes de agua. El índice de aridez varía de 0,20 a 0,18.

Tabla V. Índice de Aridez 1990-2013

RED - CAL	Índice de Aridez		
	Valor promedio	CV	Categoría
419	0,18	37%	Excedentes
420	0,19	36%	Excedentes
424	0,19	35%	Excedentes
425	0,20	35%	Moderado y excedentes
429	0,20	35%	Moderado y excedentes

Fuente: Elaboración propia (2016).

Índice de stress hídrico relativo

Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico en tres de la redes en estudio. Estas zonas de producción de cultivos varios son exigentes de alta demanda de agua, demostrando estos resultados la insuficiente oferta hídrica para atender la alta demanda de agua para estos sectores productivos. Este indicador ha influido en gran medida en la reducción del crecimiento vegetativo y por la duración y el momento de aplicación del riego, siendo más sensible durante la fase de crecimiento activo.

Las categorías medio, se identifican en dos zonas. La oferta hídrica llega al límite máximo para atender la demanda. Es necesario el ordenamiento de la cuenca y asignar prioridades a los distintos usos en especial las aguas con fines agrícolas.

Tabla VI. Índice de stress hídrico relativo.

RED - CAL	Índice de Escasez	Categoría
419	0.5	Alto
420	0.6	Alto
RED - CAL	Índice de Escasez	Categoría
424	0.4	Medio
425	0.3	Medio
429	0.5	Alto

Fuente: Elaboración propia (2016).

Indicadores de calidad del agua (Criterios generales de la FAO)

En la Tabla VII se puede apreciar la composición físico-química de las aguas de las fuentes estudiadas en la cuenca del río Naranjo. Las filas Húmedo y Seco identifican las fechas de muestreo.

Tabla VII. Composición físico-química de las aguas para uso agrícola en la cuenca del río Naranjo.

Variables	Unidades	Período	Muestras					
			I	II	III	IV	V	VI
pH	U	Húmedo	7,52	7,54	7,85	8,03	7,99	7,32
		Seco	8,11	8,25	8,33	8,32	8,05	7,79
Conductividad Eléctrica	dS/m ⁻¹	Húmedo	2,96	2,98	0,71	0,92	0,92	5,51
		Seco	3,81	2,96	1,35	1,15	1,14	1,84
Calcio	me.l ⁻¹	Húmedo	5,80	5,90	1,85	1,75	1,75	28,60
		Seco	4,45	7,05	2,00	2,30	2,00	3,65
Magnesio	me.l ⁻¹	Húmedo	8,43	8,35	0,91	1,82	1,82	19,09
		Seco	4,38	8,51	1,49	1,57	1,32	6,03
Sodio	me.l ⁻¹	Húmedo	18,09	18,61	4,39	5,35	5,35	10,17
		Seco	32,26	12,43	10,22	8,57	11,87	8,57
Potasio	me.l ⁻¹	Húmedo	0,03	0,03	0,20	0,13	0,13	0,15
		Seco	0,03	0,10	0,10	0,15	0,10	0,05
Carbonatos	me.l ⁻¹	Húmedo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato	me.l ⁻¹	Húmedo	12,38	12,43	4,59	4,30	4,30	4,87
		Seco	16,18	8,46	8,30	5,21	8,43	6,82
Sulfato	me.l ⁻¹	Húmedo	3,88	3,98	0,58	1,29	1,29	4,63
		Seco	7,54	3,15	1,40	1,63	1,42	2,00
Cloruro	me.l ⁻¹	Húmedo	8,90	12,20	1,94	3,38	3,49	34,87
		Seco	15,10	16,45	4,17	4,73	4,17	9,30

Fuente: Elaboración propia (2016).

Indicadores de aptitud de las aguas para el riego

Los criterios analizados en el punto anterior restringen el uso de estas aguas para el riego, sin embargo, se hizo un análisis más detallado con el empleo de otros indicadores y criterios más específicos para ver cuán perjudicial puede ser el uso agrícola de este recurso, los resultados se muestran en la Tabla III.

Tabla III. Indicadores de la aptitud de las aguas para utilizarlas en el riego.

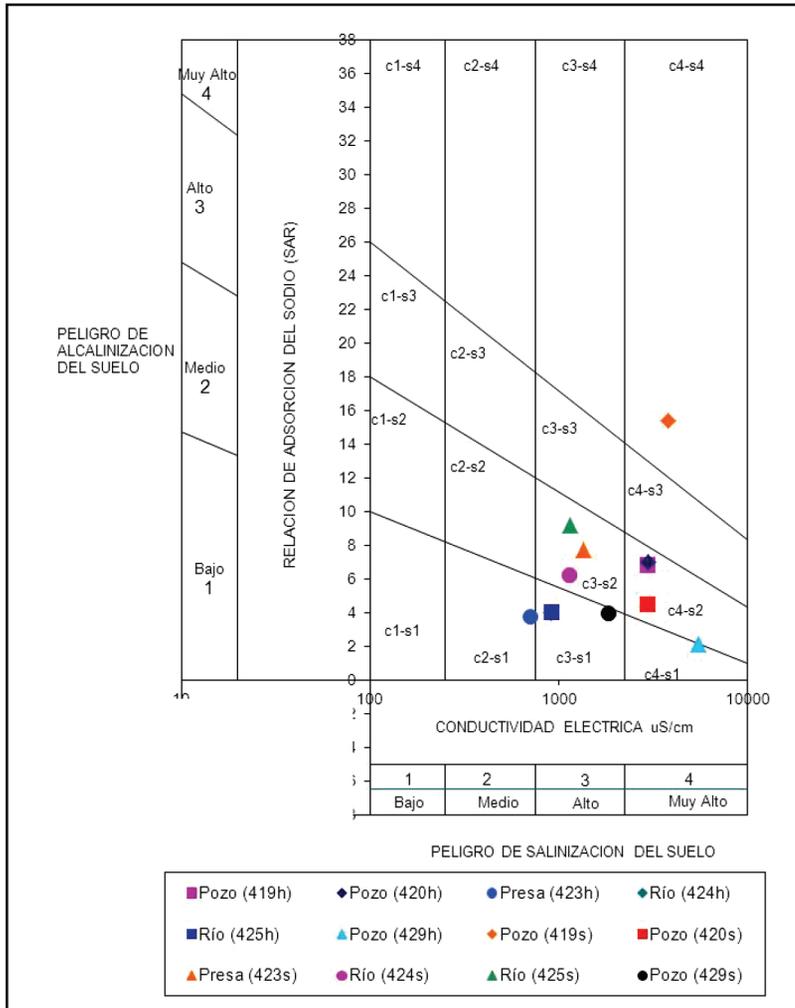
Variables	Unidades	Período	Muestras					
			I	II	III	IV	V	VI
Salinidad Efectiva	me.l ⁻¹	Húmedo	12,38	12,43	5,30	7,17	7,17	9,50
		Seco	8,83	8,46	3,49	3,87	3,32	6,82
Salinidad Potencial	me.l ⁻¹	Húmedo	10,84	14,19	2,23	4,03	4,14	37,19
		Seco	18,87	18,02	4,87	5,54	4,88	10,30
RASx	U	Húmedo	8,2	8,4	4,4	4,4	4,4	2,7
		Seco	19,7	5,4	9,6	7,3	11,5	4,4
Por ciento de Sodio Posible	%	Húmedo	146	150	83	75	75	107
		Seco	79	45	75	69	78	47
Por ciento de Sodio Soluble	%	Húmedo	56	57	62	61	61	18
		Seco	79	45	75	69	78	47
Índice de Langellier	U	Húmedo	1,1	1,1	0,4	0,6	0,6	0,9
		Seco	1,5	1,6	1,1	1,0	0,9	1,0

Fuente: Elaboración propia (2016).

Salinidad

Los valores de SST y RAS son incluidos en el diagrama de Wilcox para clasificar las aguas con fines de riego. En la Figura II se puede observar que las fuentes superficiales son altamente salinas (C3) y las subterráneas son extremadamente salinas (C4), por tanto el peligro de salinización de los suelos al regar con estas aguas es alto o muy alto. En cuanto al sodio, las fuentes superficiales en el período húmedo tienen baja sodicidad (S1), en el resto la sodicidad es media (S2) e incluso hay un caso de muy alta sodicidad (S4). Esto indica que los peligros de alcalinización de los suelos provocados por el sodio son medios.

Figura II. Clasificación de las aguas de riego de la cuenca del río Naranjo según el diagrama de Wilcox.



Según la Salinidad efectiva (SE) estas aguas se clasifican como Condicionadas para su empleo en el riego ($3 - 10 \text{ me.l}^{-1}$), ya que pueden pasar a formar parte del agua del suelo en forma de sales menos solubles como carbonato de calcio y magnesio o sulfato de calcio.

Por el criterio de Salinidad potencial (SP), que mide el peligro de los cloruros y sulfatos al actuar a bajos niveles de humedad y aumentar

la presión osmótica, las fuentes subterráneas son No recomendables ($>15 \text{ me.l}^{-1}$), mientras las superficiales están Condicionadas para el riego.

Efectos sobre la infiltración

Según el Por ciento de sodio posible (PSP) las aguas están Condicionadas, pues en todos los casos el valor es superior al 50 %, existiendo peligro de sustitución del calcio y el magnesio del complejo de cambio por el sodio.

El Por ciento de sodio soluble (PSS) expresa la proporción de sodio y potasio respecto al total de cationes adsorbidos. Si ese porcentaje es muy alto el sodio puede alcanzar concentraciones elevadas en el complejo de cambio y provocar el deterioro físico de los suelos. Las aguas de fuentes superficiales son clasificadas como Dudosas (60 – 80%), mientras las subterráneas son Permisibles (40 – 60%).

Toxicidad

La magnitud de la toxicidad por la presencia de cloruros en las aguas es valorada en función del método de riego. Debido a que en las técnicas de riego por gravedad prácticamente no hay contacto del agua con zonas de transpiración más intensa (bordes y puntas de las hojas) los tenores asimilados son mayores, aun así las restricciones de uso son severas para las fuentes subterráneas y ligeras a moderadas para las superficiales. Si el riego es por aspersión en riesgo es mayor (severo) pues el agua se deposita en las hojas y puede provocar necrosis.

La toxicidad por sodio tiene un comportamiento similar a los cloruros. Los valores de RASx son en todos los casos superiores a $3,0 \text{ me.l}^{-1}$, a partir del cual se consideran ligeras a moderadas, si son superiores a $9,0 \text{ me.l}^{-1}$ pasan a la categoría de severas.

El riesgo de obstrucción de los sistemas de riego presurizados es alto (0,5 – 1,0) o muy alto ($>1,0$) según el Índice de Langellier. Este parámetro valora la posibilidad de precipitación del calcio en forma de carbonato cuando alcanza la saturación en presencia de bicarbonato (Fuentes, 2003) [9].

Conclusiones

La vulnerabilidad del recurso hídrico en relación a la oferta hídrica, estrés hídrico, reporta reducciones en la cuenca; se detecta el incremento, en algunas estaciones para el período evaluado, la cuenca del río Naranjo está sometida a stress hídrico basado en el índice de disponibilidad per cápita.

Los indicadores de calidad del agua evaluados arrojaron alta conductividad eléctrica que las hace extremadamente salinas, son no aptas para el riego.

La vulnerabilidad es alta, debido al muy bajo índice de retención y regulación del recurso hídrico y las presiones moderadas de uso con respecto a la oferta hídrica superficial disponible.

La vulnerabilidad futura ante el cambio climático puede reducirse si se toman acciones que resulten en mejoras de la infraestructura, los servicios y la condición de las personas. Algunas acciones que pueden colaborar en reducir la vulnerabilidad incluyen una mayor aplicación del conocimiento y conciencia acerca de las interacciones entre el clima y la sociedad; mejor tecnología y herramientas para la planificación, educación y salud, y prevención del riesgo. Si el país logra además dirigir recursos hacia aquellos cantones con mayor índice de vulnerabilidad presente y futura, el país podrá reducir su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático en el sector de recursos hídricos.

Referencias

- Ayers, R. S. Westcot, D.W. (1987). *La calidad del agua en la agricultura*. Roma: Estudio FAO. *Revista Riego y Drenaje*, 29(1) 35 págs.
- Carreño, M. (2013). *Sistemas de indicadores para la evaluación de riesgos*. Costa Rica- 115 págs.
- Chaves, H., y Alipaz, S. (2007). An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. *Water Resources Management.*; (2007). 21:883-895.
- CONAGUA. (2015), *Vulnerabilidad de los recursos hídricos de México ante el cambio climático*.
- Fuentes, J. L. (2003). *Técnicas de riego*. 4a edición revisada y ampliada ed. Madrid: Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ediciones Mundi-Prensa, 483 p.

- IDEAM (2010). Propuesta de indicadores del régimen hidrológico Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Bogotá, Colombia. 2010.
- IPCC. (2007). Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis. Ginebra, Suiza: Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático.
- IPCC. 2008.. El Cambio Climático y el agua. Ginebra, Suiza.
- IPPC. (2007). Climate Change: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Magrin, *et. al.* Peña, Fernández (2007). Latina America, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Rosenzweig, *et.al.* Ramirez, Perdomo (2004). Water Resources for agriculture in a changing climate: International case studies. *Global Environmental Change*, 14(4) 135 págs.
- Sharma, H (2009). Application of climate information and predictions in water sector: capabilities. WCC-3. Geneve.
- Troballes, J (2015). Troballes.org/wp-content/uploads/Agua-un-elemento-esencial-para-la-vida.pdf

O MUNICÍPIO E O PLANEJAMENTO DO TERRITÓRIO RURAL NO BRASIL

THE MUNICIPALITY AND RURAL TERRITORY PLANNING IN BRAZIL

*Amanda Pires de Mesquita*¹

*William Rodrigues Ferreira*²

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

RESUMO

Esse artigo busca compreender como áreas rurais no Brasil são abordadas nos documentos de planejamento municipal, em especial pós Estatuto da Cidade. Para atingir esse objetivo, utilizou-se de documentos oficiais, autores e teorias que tratam sobre Planejamento Territorial Municipal e Planejamento Territorial Rural. A partir dessa análise, observou-se que as áreas rurais, mesmo com a obrigatoriedade de serem abordadas nos Planos Diretores Municipais pós Estatuto da Cidade, vêm retratadas, na maioria das vezes, como sinônimo de natureza e ambiente ou como áreas de suprimento das cidades. Para que a abordagem das áreas rurais possa contemplar, também, a população rural e suas necessidades, é necessário, de início, compreender o que é rural, sua multiplicidade de funções e características, as quais precisam ser consideradas durante o planejamento territorial do município. Assim, o Plano Diretor, como principal instrumento de ordenamento do território, pode e deve contribuir com a melhoria da qualidade de vida da população rural do município.

Palavras-chave: planejamento territorial. Plano Diretor Municipal. Estatuto da Cidade. Rural.

1 Doutoranda em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: amandapmesq@gmail.com

2 Professor Doutor Associado do Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: wferreira@ufu.br

Fecha de recepción: 27 de julio de 2016
Fecha de aceptación: 08 de agosto de 2016

ABSTRACT

This article seeks to understand how rural areas in Brazil are addressed in municipal planning documents, particularly the City Statute. From this analysis, it was observed that rural areas, despite the requirement to be addressed in the Comprehensive City Plan after the Statute of the City, have portrayed more as a synonym for nature and environment or as supply area of the city than as a place of part of the population of housing and living. For the approach of rural areas to contemplate also the rural population and their needs, it is necessary to first understand what rural is and its several functions and features, which need to be considered during the territorial planning of the municipality. Thus, the Comprehensive City Plan as the main planning instrument of the territory, can contribute through action plans to improve the quality of life of the rural population of the municipality.

Keywords: Territorial planning; Comprehensive city plan; Statute of the City. Rural

RESUMEN

Este artículo, busca comprender como en los documentos de planificación municipal abordan las áreas rurales, en especial después de la aprobación de la Ley del Estatuto de la Ciudad (Lei nº 10.257 de 2001). Para realizar este estudio, se utilizó de documentos oficiales, autores y teorías que tratan sobre la planificación territorial municipal y rural, a partir de eso, se observó que las áreas rurales, mismo estando con la obligatoriedad de estar inserida en los planos directores municipales, después del estatuto de la ciudad, las áreas rurales son retractadas en la mayoría de las ocasiones como espacios naturales o de producción agrícola, que solo sirven para suplir las ciudades y no así como espacios de vida. Para contemplar en la planeación municipal los pobladores que viven en las áreas rurales, es necesario de comprender el significado de lo que es rural, sus múltiples funciones y características, así el plano director como principal herramienta de ordenamiento territorial, debería ser el mayor contribuyente para mejorar la calidad de vida de la población de estas áreas en los municipios, por el motivo de tener una visión más contemplada de su entorno.

Palabras clave: planificación territorial, plan director, Estatuto de la Ciudad. Rural.

Introdução

O reconhecimento de todo território municipal, incluindo as áreas rurais, suas características, tipos de usos e as atuais relações com o urbano, tornam-se, diante da complexidade do mundo globalizado, tarefas importantes e necessárias ao desenvolvimento territorial do município de forma integral.

O Plano Diretor Municipal no Brasil, principal instrumento de planejamento de um município, preocupou-se, até fins do século XX apenas com o planejamento urbano enquanto que o planejamento do espaço rural foi insipiente e várias vezes, inexistente, visto que passou a ser incluído no Plano Diretor somente após a promulgação do Estatuto da Cidade em 2001. A complexidade do mundo globalizado, a diversidade de atividades realizadas nos territórios obriga-nos a reconhecer suas características, tipos de usos e as atuais relações entre o urbano e o rural; tarefas importantes e necessárias ao desenvolvimento territorial.

Com a aprovação do Estatuto da Cidade em 2001 -Lei que apresenta as diretrizes para o planejamento urbano e territorial - os Planos Diretores Municipais tiveram que abranger a totalidade do território municipal, ou seja, suas áreas urbanas e rurais. Coube ao Plano Diretor incluir em seu contexto, o ordenamento e o disciplinamento do uso e da ocupação do território rural dos municípios, bem como o auxílio no desenvolvimento econômico dessas áreas, por meio de legislações e resoluções federais ou estaduais. Contudo, mesmo com esses novos direcionamentos para o espaço rural, a abrangência desse setor nos Planos Diretores municipais se justifica, em grande parte, pela ligação das atividades realizadas no campo com as cidades, ou seja, o rural é considerado quando vem em atendimento ao urbano e a seus interesses.

Outro fator a ser considerado é o conceito de rural empregado nos Planos Diretores municipais. Na maioria das vezes, é compreendido como sinônimo de agrícola, de meio ambiente, de natureza e oposto ao urbano. Assim, quando o rural é contemplado nos Planos, este representa, exclusivamente, as características físicas e econômicas dessas áreas, ignorando a população residente e o fato de que o rural também figura um modo de vida.

Dessa forma, esse artigo objetiva compreender como áreas rurais no Brasil são abordadas nos documentos de planejamento municipal, em especial pós Estatuto da Cidade, com vistas a colaborar para a ampliação de debates sobre planejamento territorial rural, garantir maior visibilidade a esses territórios e, assim, contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos moradores rurais.

A elaboração de políticas públicas e o reconhecimento das necessidades dessas áreas devem partir do Plano Diretor, visto que esse é o maior instrumento de planejamento territorial do município. Considera-se que esse Plano deve ser o pontapé inicial para o atendimento às áreas rurais. Destarte, essa pesquisa busca contribuir para a maior visibilidade de um território e uma população praticamente esquecidos pelo poder público municipal no que diz respeito, principalmente, à oferta de serviços básicos, como saúde, educação, segurança, trabalho. Enfim, busca-se dar subsídios aos estudos e debates que buscam compreender o rural para além de um espaço produtor, ou seja, como lugar de vida e de reprodução da vida.

Planejamento territorial municipal e as áreas rurais

De modo geral, o Planejamento territorial consiste em uma ferramenta administrativa que permite o reconhecimento da realidade atual e a avaliação dos caminhos para a construção de um referencial futuro e, dessa forma, sugere conhecer o território a ser estudado para que, a partir dessa análise inicial, proponham-se ações para o ordenamento dos modos de uso e ocupação do território. Por isso, o planejamento do território rural deve-se realizar com o prévio conhecimento das suas realidades e particularidades.

Segundo Villaça (1999), o planejamento territorial no Brasil se inicia em meados de 1875, com os primeiros relatórios e ideias sobre planos gerais e/ou globais, geralmente, preocupados com o melhoramento e o embelezamento das cidades. A busca da classe dominante em abandonar o passado arcaico - reflexo da rápida transformação de um país rural em um país eminentemente urbano - refletia-se na construção de grandes monumentos e avenidas e na preocupação com a higienização das cidades. Birkholz (1983) ao abordar a evolução o conceito de planejamento territorial acrescenta:

No passado, o Planejamento Territorial referia-se somente às áreas urbanizadas e tinha como escopo construir, ampliar, ordenar embelezar e sanear as cidades, com finalidade de criar condições mais favoráveis de vida para os seus habitantes [...] A conceituação de Planejamento Territorial restringia-se então a uma visão puramente urbana, orientada somente para o estudo das cidades, com notória preocupação quanto à estética e as condições sanitárias. (p.5-6).

A partir de 1930, com o enfraquecimento da burguesia e a crescente conscientização da classe operária de seus direitos, o conceito de planejamento ganha novos enfoques; de um lado, pela necessidade da reprodução do capital imobiliário nas cidades e, de outro, pela luta das classes populares urbanas pelo direito à moradia e à cidade.

Em 1988, com o objetivo de garantir à população, os direitos sociais, econômicos, políticos e culturais, uma nova Constituição Federal trouxe para o seio da sociedade brasileira, o princípio básico da função social da cidade e da propriedade que passou a compor um capítulo da Política

Urbana na referida Constituição e garantiu, aos municípios, o papel de principal ator da política de desenvolvimento e de gestão urbana, sendo o Plano Diretor o principal instrumento dessa política.

Treze anos depois, em 2001, fruto das lutas e movimentos pela reforma urbana, foi promulgado o Estatuto da Cidade, resultado da inserção, por meio de uma Emenda Popular (Emenda pela Reforma Urbana) na Constituição Federal de 1988, dos artigos 182 e 183, que definiu uma nova fase para a questão urbana no Brasil. De acordo com o Ministério das Cidades (Brasil, 2006), foram muitas ações e manifestações de movimentos sociais, ONGs e entidades universitárias que buscaram a aprovação do Estatuto da Cidade.

O Estatuto da Cidade é o nome dado à lei que regulamenta o capítulo “Política Urbana” da Constituição Brasileira de 1988 e tem como princípio básico o planejamento participativo e a função social da propriedade. Define, também, o Plano Diretor como instrumento básico da política de expansão e de desenvolvimento urbano. De acordo com Bueno e Cymbalista (1997, p. 8), o Estatuto da Cidade instituiu o Plano Diretor em um novo e estratégico patamar, visto que este se tornou o principal instrumento para gestão territorial do município. Além disso, o Estatuto da Cidade estabeleceu prazos para os municípios implementarem seus planos diretores até 2006. “[...] As novas oportunidades e exigências significaram a instauração de um processo de debate e construção de planos diretores em grande escala em todo o país, envolvendo uma escala inédita de atores sociais”

Dessa forma, apesar do Plano Diretor ser obrigatório a partir da Constituição de 1988 para as cidades com mais de 20 mil habitantes, foi apenas com o Estatuto da Cidade em 2001, que as áreas rurais passaram a ser consideradas no planejamento do município, tendo o Plano Diretor como principal instrumento para o seu ordenamento.

O § 2º do artigo 40 estabelece que o Plano Diretor deverá englobar o território do Município como um todo, assim o Plano Diretor deve abranger tanto a zona urbana como a zona rural do Município. O Estatuto da Cidade define a abrangência territorial do Plano Diretor de forma a contemplar as zonas rurais com respaldo no texto constitucional, uma vez que a política urbana, de acordo com a diretriz prevista no inciso VII do artigo 2º do Estatuto da Cidade, deve promover a integração e a complementaridade entre atividades urbanas e rurais, tendo em vista o desenvolvimento

socioeconômico do Município e do território sob sua área de influência. [...] O sistema de planejamento municipal, que é matéria do Plano Diretor, por exemplo, deverá ser constituído por órgãos administrativos regionalizados que compreendam também a região rural. (Brasil, 2002, s/p)

Ao estabelecer que o Plano Diretor deva legislar, também, as áreas rurais municipais, este passa a ordenar, ao menos de maneira indireta, sobre a planificação do rural, fato que representa um avanço, embora pequeno, no que se refere às questões territoriais, posto que as áreas rurais carecem de planejamento e assistência tanto quanto as áreas urbanas/urbanizadas, além de que o desenvolvimento rural acarreta em melhorias em todo o município.

Além da promoção do Plano Diretor, a Constituição Federal e o Estatuto da Cidade fortaleceram a gestão democrática e a função social da cidade e da propriedade, com vistas à inclusão territorial e à diminuição das desigualdades. Nesse contexto, mais uma vez, o Plano Diretor é a peça chave para o enfrentamento desses problemas, sobretudo, quando busca minimizar as desigualdades urbanas. De acordo com Freitas (2007), o advento do Estatuto da Cidade estabeleceu uma plataforma mínima ao desenvolvimento da legislação e da ação local e permitiu a adequação de seus ditames às peculiaridades e à diversidade dos municípios brasileiros.

Segundo Oliveira (2011), após as determinações do Estatuto da Cidade, os profissionais responsáveis pela elaboração dos Planos começaram a propor diretrizes e instrumentos para todo o território municipal, visto que os municípios eram orientados a elaborar ou revisar seus planos em um período de seis anos. Krambeck (2007), em estudo sobre o planejamento territorial rural, conclui que,

Embora o rural tenha sido formalmente incluído no planejamento municipal a mentalidade na sua elaboração não mudou. O meio urbano ainda tem preponderância sobre o rural, sendo que este último na maioria das vezes é visto de forma homogênea e subserviente ao urbano, o que certamente não pode ser generalizado. (Krambeck, 2007, p. 17).

Dessa forma, o planejamento do território rural ainda é muito iníspite, ou mesmo inexistente, a falta de metodologias para a organização dessas áreas, o pouco conhecimento do território como um todo e o

preconceito em relação ao rural se constituem nos principais obstáculos para o desenvolvimento dessas áreas.

Um fator importante já citado por Lodder em 1976, refere-se ao fato de que as regiões rurais, embora possuam a mesma sistemática do processo de planejamento das áreas urbanas, demandam certa especialização e experiência por parte dos planejadores para que se possa identificar seus principais problemas e tentar desenvolver estratégias para solucioná-los.

Com essa afirmação Lodder (1976, p. 4) nos remete às especificidades do rural que carecem de atenção e de abordagens próprias para uma solução mais eficaz de seus problemas. “[...] é importante salientar que devido aos problemas e limitações específicas das regiões rurais, os planejadores regionais que delas fossem tratar deveriam ter algum conhecimento especializado do seu funcionamento e das suas características.”

Além disso, de acordo com Santos Júnior, Silva e Santana (2011) é sabido que os municípios apresentam muitas dificuldades para implementar seus Planos Diretores, visto que a maioria não possui uma estrutura administrativa adequada para o exercício do planejamento urbano no que se refere aos recursos técnicos, humanos, tecnológicos e materiais, além da baixa difusão dos conselhos de participação e controle social voltados para uma cultura participativa de construção e implantação da política de desenvolvimento urbano.

Silva e Peres (2009), em estudo sobre a gestão dos territórios rurais, acrescentam que os desafios do planejamento rural derivam da insuficiência de instrumentos do Estatuto da Cidade que permitam um suporte imediato e efetivo à gestão do espaço rural e, principalmente, pela falta de experiência na elaboração de Planos Diretores que consigam abranger todo território municipal. Para superar essa lacuna, os autores sugerem ampliar a compreensão de espaço rural, com análise das suas condições físico-espaciais, econômicas, políticas e sociais.

Sobre esse assunto Lodder (1976) sugeriu aos planejadores, que ao pensarem as áreas rurais, tivessem em mente determinadas realidades suplementares para que o planejamento rural se efetive, dentre elas: a) uma visão ampla dos padrões culturais e de comportamento do ambiente social - o planejador rural precisa ver sua região como os próprios habitantes a veem e, ao mesmo tempo, ter flexibilidade suficiente para desenvolver estratégias aceitáveis à população e ao poder central a que

está vinculado; b) O planejamento rural deve tentar mudar a imagem de que as regiões rurais deveriam ser apenas fontes de matérias primas e de alimentos a serem processados pelas fabricas localizadas nas regiões urbanas, e preocupar-se com uma maior diversificação da base econômica rural, enfatizando as potencialidades da região e os efeitos para frente e para trás das atividades existentes.

Outra questão, segundo Krambeck (2007) é a falta de um sistema de planejamento territorial como instrumento de desenvolvimento nacional, ou seja, um conjunto de ideias, diretrizes, programas, investimentos e ações integradas. Para compreender a complexidade do território Brasileiro, são essenciais mudanças de paradigmas no que se refere ao planejamento territorial exclusivamente urbano e começar a olhar para as questões rurais e considerar o território como um conjunto que carece de um planejamento integral.

Para a execução disso, é primordial que, em primeiro lugar, diminua-se o contraste entre rural e urbano, ou seja, tirar do foco a caracterização das diferenças entre esses dois setores e focar na elaboração de políticas públicas específicas para cada realidade. De forma geral, o desafio do planejamento para as áreas rurais se concretiza na insuficiência de instrumentos do Estatuto da Cidade, para esclarecer as competências de cada ente federativo, bem como na falta de experiência na elaboração de Planos Diretores, visto que este se tornou instrumento de planejamento obrigatório somente em 2001. Outro fator a considerar é a dificuldade de integração territorial, isto é, a não compreensão, em um único plano do território urbano e do rural, de forma a incluir todos os grupos sociais, todas as comunidades e localidades.

Dar ênfase aos aspectos rurais do planejamento não é negar o inter-relacionamento e a interdependência entre as regiões rurais e urbanas, mas sim, salientar a especificidade de certas questões. Na verdade, as questões sobre as quais há diferença de enfoque são principalmente os referentes à natureza dos problemas existentes nas duas regiões e também as que pedem um tipo específico de abordagem e de orientação para solução mais apropriada de seus múltiplos problemas. (Lodder, 1976, p. 2).

A determinação do Estatuto da Cidade que atribui ao município a função de legislar as áreas rurais, também, encontra dificuldades de implementação devido às distribuições das competências e atribuições entre município e União. Segundo Zuquim (2008), o Estatuto definiu, sem articular com outros níveis federativos, a abrangência do Plano Diretor, fato que gera conflitos de atribuições, pois as áreas rurais são constitucionalmente de competência da União. Com isso, o ordenamento territorial das áreas rurais favorece interpretações e entendimentos divergentes, o que gera conflitos legais de atribuição.

Para uns, as áreas rurais passam a ser objeto das políticas públicas de desenvolvimento urbano, considerando que o município tem como atribuição legislar sobre todo o território. Para outros, a competência de legislar sobre o uso do solo das áreas rurais é da União, pois a política agrícola e agrária é competência da União, e o parcelamento do solo rural é de atribuição do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), já que existem normas específicas para tal. E ainda, sobre essas políticas públicas, apresentam-se à competência do Estado e União no legislar sobre as questões ambientais. (Zuquim, 2008, p. 5)

Conforme observado, há conflitos na compreensão das competências em relação ao disciplinamento, ordenamento e controle do território rural. Essa situação desencadeia, sem dúvidas, dificuldades no gerenciamento e na organização dessas áreas. As disposições legais do território rural ainda estão, em grande parte, sob a responsabilidade das esferas federal ou estadual: “[...] a atribuição do município como regulador do território rural ainda carece de experiências, de instrumentos e de capacidade de gestão para transformar-se em realidade.” (Cymbalista, 2007, p. 29).

Ao abordar o assunto, Saule Júnior (2004) acrescenta que, muitas vezes, o ordenamento do território e o disciplinamento do uso do solo rural, instituídos por legislações federais e estaduais, não consideram as necessidades e o interesse dos habitantes locais. Por isso, esse planejamento precisa ser matéria obrigatória dos Planos Diretores Municipais, os quais devem ser formuladores e executados com a participação popular. O autor defende que as políticas públicas locais devem ser desenvolvidas com a articulação entre município, Estado e União para que, assim, o primeiro passe a determinar as políticas de exploração do território rural, visando,

sempre, atender às necessidades e aos interesses de seus habitantes por meio do Plano Diretor.

Não é possível separar o urbano e o rural, visando garantir o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade, pois o sistema social e econômico local necessita dos equipamentos, da infraestrutura e dos serviços urbanos para desenvolver suas atividades agrícolas e agrárias na zona rural da cidade. Desse modo, para o município promover a política de desenvolvimento urbano, o Plano Diretor deve ser entendido como um instrumento de desenvolvimento local sustentável com normas voltadas a abranger a totalidade do seu território, compreendendo a área urbana e rural. (Saule Júnior, 2004, p. 46)

Convém salientar que é competência da União legislar sobre as políticas agrícola e agrária (art. 22. I Constituição Federal), no entanto, como estabelece o Estatuto da Cidade, o ordenamento e o controle do território rural podem ser realizados por meio dos Planos Diretores Municipais. Apesar de o Estatuto da Cidade delegar novas atribuições aos municípios, no que se refere ao ordenamento do território rural, ainda há poucos instrumentos disponibilizados para a gestão dos territórios não urbanos.

No entanto, o que se observa é que a instância municipal tem maior proximidade das realidades do território rural, visto que este apresenta características regionais e locais próprias. É um erro pensar que as áreas rurais são homogêneas em suas estruturas e que as estratégias de desenvolvimento seriam as mesmas para todas as áreas rurais. Dessa forma, o município tem maior possibilidade de conhecer e, assim, atender às necessidades dos seus habitantes.

A seguir serão discutidas as atribuições e competências dos entes federativos – União, Estado e Município – para a legislação do território rural de modo a clarificar a difícil compreensão do planejamento dessas áreas e suas múltiplas e complexas interfaces com o urbano e com seus próprios limites territoriais, administrativos e políticos.

A competência dos entes federativos, União, Estado e Município na legislação do território rural

Um das questões mais problematizadas e discutidas por pesquisadores e estudiosos sobre a legislação do território rural, refere-se à distribuição das competências e atribuições entre Município, Estado e União.

Sabe-se que constitucionalmente, as áreas rurais são de competência da União, no entanto, o Estatuto da Cidade atribui ao município, também, a função de legislar sobre as áreas rurais. A falta de articulação entre esses entes federativos, referente a distribuição das competências, gera conflitos legais de atribuição e mais que isso, deixa em segundo plano os problemas enfrentados pelas áreas rurais.

Une-se a essas questões a dificuldade de demarcação, dentro do território, dos usos das atividades urbanas e rurais, visto que há predominância e sobreposições entre elas. A partir dessas afirmações, busca-se apresentar as competências da União, do Estado e do Município na legislação das áreas rurais e mostrar como o município, em articulação com os outros entes federativos pode garantir maior desenvolvimento e qualidade de vida às áreas rurais.

Miranda (2008), ao estudar o planejamento das áreas de transição rural-urbana afirma que o Sistema Federativo brasileiro atribui competências legislativas entre a União, o Estado e os Municípios, cujo princípio norteador da repartição é o da predominância de interesse, ou seja, à União cabem os temas de interesse nacional, ao Estado, os de interesse Regional e ao Município, assuntos de interesses locais, embora haja competências concorrentes e compartilhadas.

De acordo com a Constituição Federal de 1988 é competência da União: a) legislar sobre o direito agrário; b) elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social; c) desapropriar terras por interesse social para fins de reforma agrária; d) executar a política agrícola; e) instituir impostos sobre a propriedade territorial rural. (Brasil, 1988).

O Direito Agrário representa, segundo Heinen (2009), o conjunto de princípios e de normas que visam disciplinar as relações jurídicas, econômicas e sociais emergentes das atividades agrárias, com vistas a alcançar a justiça social e o cumprimento da função social da terra. Como competência da União, o Direito Agrário foi instituído a partir da Emenda Constitucional Nº 10 de 1964, fato que garantiu autonomia sua legislativa e permitiu a promulgação da Lei Básica do Direito Agrário, o Estatuto da Terra (Lei nº 4.504 DE 1964), “lei que regula os direitos e obrigações concernentes aos bens imóveis rurais, para os fins de execução da Reforma Agrária e promoção da Política Agrícola.” (Brasil, 1964).

É importante ressaltar que o Direito Agrário não é sinônimo de solo rural, como afirma Gomes (2006) em seu estudo sobre o Plano Diretor pós Estatuto da Cidade, visto que este não se limita a ser objeto isolado do Direito Agrário. O município pode legislar sobre o território rural, mas não sobre a atividade relacionada ao setor primário da economia. Assim, cabe à União legislar sobre as atividades do setor primário da economia, dentre elas fixar o módulo rural, o zoneamento das atividades dentre outras. Compete interferência dos municípios, apenas nos casos em que a exploração econômica gera algum risco ou afeta as áreas urbanas.

De modo geral, a constituição costuma descartar a possibilidade de o Município regular o uso do solo rural, sua exploração econômica. Mas mesmo isso requer ressalvas, pois eventuais malefícios que a atividade agrária possa provocar sobre questões a serem protegidas e/ou promovidas pelo Município estarão ao alcance, sim, da legislação local. Pense-se, por exemplo, na hipótese de culturas agrícolas próximas à malha urbana que coloquem em risco a saúde da população, ou mais especificamente o serviço de abastecimento de água. Parece inequívoca aqui a competência municipal para proibi-la ou, ao menos, impor restrições para minimizar seus riscos. (GOMES, 2006)

Outra ação que compete à União representa a elaboração e a execução de planos de organização do território e de desenvolvimento econômico e social em nível nacional e regional, os quais buscam a implementação de projetos e políticas econômicas e sociais voltados ao desenvolvimento das áreas rurais. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Ministério do Desenvolvimento Agrário representam, em âmbito federal, as principais estruturas voltadas ao desenvolvimento Rural.

As políticas públicas mais importantes, segundo Favareto (2006), desenvolvidas por esses Ministérios são: a) o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) que oferece apoio técnico e financeiro aos agricultores, com vistas ao desenvolvimento rural; b) o Programa Nacional de Reforma Agrária (PNRA), com o objetivo de melhorar a distribuição de terras e oferecer condições de reprodução às famílias de agricultores sem-terra; c) o Programa Nacional de Créditos Fundiários (PNCF), o qual propicia aos agricultores sem-terra, ou com quantidades insuficientes, formas de aquisição a estas por meio de financiamento.

Quanto à desapropriação de terras para fins de reforma agrária, a União é representada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), autarquia federal ligada ao Ministério do Desenvolvimento Agrário. O INCRA tem como missão prioritária a realização da reforma agrária, o cadastro nacional de imóveis rurais e a administração de terras públicas da união. É responsável por todos os acordos, convênios e contratos multilaterais relacionados à reforma agrária, embora possa reunir esforços e recursos com o Estado e o Município mediante acordos, convênios ou contratos para a solução de problemas de interesse rural; para o cadastramento e vistorias a propriedades rurais localizadas nos seus territórios e contratação de funcionários, sempre em acordo com os parâmetros e critérios estabelecidos nas leis e nos atos normativos federais (Brasil, 1964).

O Zoneamento Agrário, também é de responsabilidade do INCRA e consiste na divisão do território em regiões homogêneas, do ponto de vista socioeconômico e das características da estrutura agrária, passíveis de uma mesma política, para que, assim, a partir da identificação diferenciada possam ser destinadas políticas agrárias para cada tipo de região, além de propiciar ações de órgãos governamentais para as áreas com maior significação econômica e social (Brasil, 1964).

O imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) representa a tributação do imóvel localizado fora do perímetro urbano do município. É exercida pelo INCRA, em período anual e tem como objetivo principal, auxiliar as políticas públicas de desconcentração da terra. As normas gerais para a fixação desse imposto obedecem aos critérios de progressividade e regressividade, levando em conta diversos fatores como o valor da terra nua, dentre outros (Brasil, 1996). Embora a cobrança do ITR seja feita pela União, 50% do produto de arrecadação do imóvel é destinado ao município em que se situam os imóveis rurais tributados.

A cobrança diferenciada dos impostos territoriais rurais e urbanos não acontece de forma simples. A dificuldade na delimitação de áreas rurais e urbanas gera conflitos nas cobranças de tributos, visto que há problemas na demarcação - dentro da complexidade do território - do que é uso e atividade urbana e uso e atividade rural, dificuldades estas oriundas da predominância e/ou sobreposição de usos.

No urbano, cobra-se o IPTU, que é imposto municipal; no rural, o ITR, que é imposto federal. Isso obriga a considerar a necessidade de planejar os territórios de forma integrada e compartilhada entre os entes federativos, de modo que se estabeleça um equilíbrio no campo tributário, quanto aos tributos que incidem sobre a propriedade urbana e rural.

A partir desses apontamentos, observa-se que Município e União devem articular a jurisdição do território rural, em especial, quanto ao disciplinamento do uso do solo. A falta de articulação desses deveres pode gerar sérios conflitos, como a falta de concessão de alvarás de construção e licenciamento de atividades na área rural, a proliferação de assentamentos ilegais para fins tipicamente urbanos, além da frequente localização de equipamentos institucionais do Estado e da União sem qualquer consulta aos municípios.

Quanto a atuação do governo Estadual, a constituição vigente delega ao Estado os poderes remanescentes, ou seja, aqueles não pertencem nem ao Município, nem à União. No território rural, o Estado é autorizado pelo Estatuto da Terra (Brasil, 1996), em competência comum com o Distrito Federal e os municípios, a realizar vistorias, cadastramentos e avaliação das propriedades rurais localizadas em seu território, sempre respeitando a lei federal.

Segundo Cruz e Morete (2003), o Estado tem autonomia para atuar em toda a área rural localizada em seu território com vistas ao seu desenvolvimento e ao fortalecimento da produção agropecuária, a não ser as áreas destinadas à Reforma Agrária, as quais são de competência exclusiva da União. Ao Estado, cabe também, em competência comum com a União e o Município, o fomento da produção agropecuária e a organização do abastecimento alimentar, bem como a cobrança de impostos sobre a circulação de mercadorias e de serviços de transportes interestadual e intermunicipal (ICMS).

Referente à legislação Municipal para o território rural, é importante salientar que foi apenas após a Constituição Federal de 1988 que o Município se tornou ente federativo autônomo nos aspectos político, administrativo, financeiro e legislativo com poder de elaborar sua própria lei orgânica. Além da competência privativa para algumas matérias, passou a compartilhar, também, competências com os Estados, a União e o Distrito Federal (Meirelles, 2003).

Dentre suas competências privativas, segundo a constituição Federal (Brasil, 1988) cabem, dentre outras atribuições, a legislação de assuntos de interesse local. Embora o interesse local represente a predominância e não a exclusividade municipal perante o Estado e a União, considera-se de ordem local, os assuntos ligados de forma direta e imediata à sociedade do Município e “[...] cujo atendimento não pode ficar na dependência de autoridades distantes do grupo que não viveu problemas locais” (Ferrari, 2003, p. 59).

Ao considerarmos os assuntos de interesse local como competência municipal, a regulação do uso, a ocupação e o parcelamento do território rural, representariam temas a serem abordados pelos municípios visto que este é constituído por sua área urbana e rural. Assim, embora a regulação do território rural seja competência da União, o Município pode e deve articular-se com este, principalmente por ter maior conhecimento das necessidades e interesses locais com vistas ao pleno desenvolvimento de todo município.

As diversas interpretações das leis e competências configuram-se como aparente lacuna nas regras de parcelamento, ora por não haver regras municipais, ora pela dificuldade de fiscalizar-se a aplicação das regras federais, abrindo brechas para a irregularidade que certamente afeta as condições de vida dos grupos sociais, a manutenção do meio ambiente e os mananciais hídricos.

Os autores ainda acrescentam que há uma fragmentação político-institucional ligada às instâncias – federais, estaduais e municipais – referente aos planos, leis e instrumentos que são elaborados sem nenhum diálogo e as vezes de forma conflitante. Essa fragmentação contribui com a falta de clareza sobre a competência dessas instâncias para o planejamento e a gestão do território nacional de forma integrada.

Essa dificuldade de interpretação das leis e da divisão das competências legislativas devem-se, também à pouca experiência e prática de planejamento das áreas rurais pelo município pois esse comumente representa o planejamento apenas urbano com poucas ou inexistentes discussões sobre o planejamento territorial rural. A não-obrigatoriedade do Plano Diretor - principal instrumento de gestão municipal – para cidades com menos de 20 mil habitantes, o que representa boa parte dos municípios brasileiros, contribui para o ineficaz planejamento das áreas rurais pelo

viés municipal. Além disso, quando esses Planos Diretores existem apresentam um viés totalmente urbano que desconsidera a área rural municipal.

Além disso, Santoro; Costa e Pinheiros (2004) acrescentam que os municípios ainda possuem pouco conhecimento sobre o que existe fora do urbano. Carecem de informações mapeadas em relação à estrutura da área rural como: os recursos naturais disponíveis, as vilas e os povoados existentes, os desenhos das estradas, fato que prejudica o planejamento da área rurais por se conhecer muito pouco o que existe fora do perímetro urbano.

O Estatuto da Cidade (Brasil, 2001), lei que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, determina que o Plano Diretor deve “englobar o território do Município como um todo”, dessa forma, o ordenamento, o disciplinamento do uso, ocupação e exploração econômica do território rural devem ser matérias obrigatórias do Plano Diretor Municipal. Segundo Miranda (2008), com o pacto federativo em que as políticas públicas precisam ser desenvolvidas de forma articulada e integrada, o município deve assumir seu papel em assuntos que são tratados pelos demais entes federativos, de forma que possa abranger toda a população, tanto urbana quanto rural, sem discriminação e em busca da complementariedade entre as atividades desenvolvidas no campo e na cidade, tendo em vista o desenvolvimento econômico de todo o município.

Não há dúvida de que a competência sobre a questão agrária é da União (pelo art. 22, I, da Constituição Federal), mas é o município o ente com a melhor condição para planejar o desenvolvimento rural sustentável, a partir da compreensão das interfaces entre as questões urbanas e agrárias. Vale ressaltar a fragilidade das estruturas fiscal-tributária e de controle do uso e ocupação do solo para as áreas rurais sob a gestão do INCRA (Miranda, 2008, p. 110)

A fragilidade nas estruturas do INCRA, citada pela autora, representa, de certa forma, o acúmulo de funções desempenhadas por este órgão, principalmente, com a intensificação das ações de reforma agrária ocorrida nos últimos anos e ao considerar a dimensão do território rural brasileiro. Essa fragilidade refere-se também, como acrescenta Nakano (2004), à carência do INCRA de informações organizadas sobre o cadastro georreferenciado dos imóveis rurais, o qual mapeia as características das propriedades agrícolas, necessárias para o conhecimento da estrutura fundiárias da zona rural.

Sem o conhecimento da estrutura e da dinâmica de todo território brasileiro, encontram-se lacunas na legislação do território rural e uma conseqüente dificuldade no ordenamento dessas áreas. Segundo Santos (2014), a ausência de planejamento nas áreas rurais se justifica, de um lado, pelo pouco conhecido sobre o rural por parte dos profissionais envolvidos, e de outro, pelas incertezas em relação às atribuições das competências e a definição de regras e restrições de uso para estas áreas.

Ressalta-se que os problemas no ordenamento do território rural advêm, em grande parte, da dificuldade de compreensão dessas áreas, sobretudo, porque o rural, hoje, apresenta novas dinâmicas e funcionalidades - tanto pela deterioração da vida nas cidades, o que favorece a visão do rural como espaço de lazer e descanso, quanto pela presença de novas atividades no campo - as quais exigem novas análises e enfoques que considerem outras dimensões além dos aspectos físicos e econômicos e que considerem o modo de vida e as necessidades dos habitantes locais. Assim, são necessários instrumentos e ações que busquem compreender a complexidade e a totalidade do espaço rural brasileiro e, dessa forma, definir estratégias de desenvolvimento.

Dessa forma, para elaborar um Plano Diretor que englobe o rural, é necessário apreendê-lo mais que um espaço físico. Convém, compreendê-lo como modo de vida e as suas atividades para além do viés que o toma como uma “extensão do urbano”. Assim, é preciso, previamente, reconhecer de que rural estamos falando bem como é desenvolvida sua dinâmica cotidiana. A seguir, apresenta-se o que se entende por rural e área rural para que, a partir disso, os municípios elaborem Planos Diretores que integrem a complementaridade entre as atividades desenvolvidas no rural e no urbano, com vistas ao pleno desenvolvimento econômico e social do município e do território.

Os conceitos de rural e as dificuldades de sua definição

O conceito de rural sempre foi objeto de debates e polêmicas em estudos sobre planejamento territorial e, também, quando se trata em desenvolver metodologias de desenvolvimento e políticas públicas que beneficiem essas áreas, primeiramente, porque o rural foi, durante muito tempo, interpretado como o oposto do urbano, como atrasado, como resquício, sendo a única solução para isso a sua transformação em cidade.

Dessa maneira, a população rural era a atrasada, a sem cultura e, portanto, a única forma para desenvolver-se seria migrar para as cidades. Nesse sentido, não se preocupou em melhorar a qualidade de vida dessa população. Outra interpretação é o rural como sinônimo de natureza e de agrícola. A primeira leva a uma visão romântica do rural, que sugere que este deve ser preservado para o bem das sociedades futuras, e a segunda, o rural agrícola, toma-o como o suprimento das cidades. Observa-se que, em nenhuma dessas interpretações, a população rural foi beneficiada e/ou valorizada e, nem ao menos, reconhecida.

Os primeiros passos para promover o desenvolvimento territorial rural e para que os Planos Diretores possam contemplar, dentre as suas estratégias, as áreas rurais, é reconhecer o que se entende por rural, quais as suas especificidades, os seus significados e seu conteúdo, quais suas principais necessidades, o que o diferencia do espaço urbano e vice-versa. Tudo isso precisa levar em conta, sempre, o contexto regional em que o rural está inserido para evitar que se desenvolvam modelos prontos e engessados de realidade.

É importante ressaltar que a interpretação de rural que se tem hoje é influenciada pelas concepções passadas de rural e espaço rural. A economia e a sociedade de cada época traduzem as leituras do rural em cada período histórico. Destarte, a noção que se tem hoje carrega todo um processo histórico de constituição, embora ainda não haja um acordo do que se entende por rural e quais são os seus limites territoriais e sociais.

De acordo com Oliveira (2011), em termos práticos, o planejamento sempre reforçou a separação entre cidade e campo e enfatizou a desigualdade nessa relação, sobretudo, na medida em que os planos urbanos foram se transformando em sistemas regulatórios de cunho físico-espacial. Para a autora, essa abordagem relegou o rural a um segundo plano, de fundo residual, primitivo, inexplorado, cujo destino seria aguardar sua inevitável transformação em espaço urbano.

A compreensão do que é rural deve ultrapassar perspectivas econômicas e reconhecê-lo a partir das relações culturais, sociais e políticas. O rural deve ser analisado como uma construção social especializada, fato que não permite uma leitura apenas pelo viés estatístico. A diversidade do rural - o rural plural - forma uma teia tão rica e complexa de relações,

desejos, necessidades, saberes e usos que não é fácil destecer, mesmo quando conveniente. Rosa e Ferreira (2010) acrescentam:

[...]. Nota-se a necessidade de estudos que discutam o modo de vida das populações e a própria ruralidade, já que algumas questões ainda permanecem: pode-se realmente afirmar a eliminação de valores - e da cultura rurais em meio à sociedade contemporânea, definida cada vez mais como urbana? Por outro lado, pode-se dizer que toda população residente nas cidades tem o urbano como padrão de vida? Em que medida os valores de grupos rurais estariam eliminados? (Rosa; Ferreira, 2010, p. 196).

Os questionamentos das autoras se tornam pertinentes, principalmente, quando consideram as constantes transformações do território brasileiro que geram necessidade de análises locais, visto que surgem, cada vez mais, novas configurações na organização espacial intermunicipal, as quais devem ser avaliadas mediante a elaboração de planos e projetos para o desenvolvimento. Nesse sentido, identificar a presença do rural, enquanto modo de vida e nas formas de organização do trabalho e da vida social possibilita a leitura real de localidades particulares e facilita a elaboração de planos de ação específicos. Krambeck (2007) acrescenta que,

Uma das pré-condições para a superação de nossos problemas é a construção de um projeto contemporâneo de nação, encarar o espaço social brasileiro de forma integral, com suas múltiplas realidades interagindo e se complementando, independentemente se rurais ou urbanas, pois formam um único território nacional com diferentes características. (Krambeck, 2007, p. 13)

Além disso, a interpretação do rural não reporta apenas ao espaço geográfico, mas, também, às relações nele desenvolvidas e inseridas. O rural como modo de vida ultrapassa os limites físicos do campo e manifesta-se em localidades onde se imagina a homogeneidade do modo de vida urbano. Assim, é imprescindível que o rural seja analisado enquanto forma de vida e de organização social e não como uma extensão dos limites do urbano. Reconhecer os significados do rural permite a elaboração de políticas públicas de intervenção em espaços que apresentam modos de vida específicos, especialmente, ao considerar sua dinâmica atual e reconhecer

as necessidades dos habitantes locais para o melhor desenvolvimento de suas funções e atividades.

Faz-se essencial considerar que o rural hoje apresenta variadas e complexas atividades relacionadas não somente ao fazer agrícola, mas, também, ao lazer e ao turismo. Há, ainda, uma diversidade de grupos culturais, como as comunidades tradicionais que apresentam modos de vida e relações sociais (e com o ambiente) de forma bem particularizada, ou seja, relações sociais próprias que resultam em práticas particulares de convivência com o espaço, com a família e com o trabalho. Segundo Lodder (1976):

Um erro comum dos planejadores e dos que tomam decisões de política econômica na identificação das regiões rurais é a hipótese, às vezes explícita, outras implícita, que essas regiões são homogêneas quanto à estrutura e aos problemas. Geralmente aceita-se essa pretensa homogeneidade baseando-se nos termos da problemática agrícola do processo de desenvolvimento, ou seja, as regiões rurais são comparáveis, dado que sua base econômica é a mesma, isto é, atividades primárias. Portanto, uma vez equacionado o problema do setor agrícola, o desenvolvimento da região virá como consequência natural do processo. Isso é só parte da resposta. As regiões rurais apresentam diversos problemas de grau de complexidade variável, que não podem ser derivados somente dos problemas do setor agrícola. (Lodder, 1976, p. 810)

Como visto, um dos grandes problemas de planejamento do território rural é a dificuldade de compreender a especificidade e a diversidade de atividades que são ali realizadas. Outro fator importante salientado pelo autor é a consideração do rural apenas como sinônimo de agrícola, enquanto outros aspectos importantes são esquecidos como os sócio-culturais, políticos e antropológicos

A partir disso, justifica-se a necessidade de leitura e planejamento das áreas rurais pelo poder municipal, principalmente, em razão da proximidade com o local e pela possibilidade de uma interpretação mais eficaz dessas realidades. Além disso, salienta-se a urgência em compreender essas áreas e assim atender a população que ali vive.

Considerações finais

O planejamento das áreas rurais sempre foi objeto de discussões e debates, tanto pela distribuição das atribuições dessas áreas, quanto pela falta de um conceito unânime de rural e de como este deve ser interpretado e planejado. Os planos de ordenamento municipal foram, por muito tempo, apenas planos urbanos que objetivavam somente o ordenamento das cidades e o que estava fora do perímetro urbano sequer aparecia nos Planos Diretores.

O rural começou a ser pensado a partir do Estatuto da Cidade e de um consequente ganho de atribuição - quanto à política de gestão e desenvolvimento urbano - dos municípios, como também em razão da obrigatoriedade da elaboração de Planos Diretores para municípios com mais 20 mil habitantes e/ou áreas especiais. Ainda que seja considerado, principalmente, em função das cidades, não se pode negar que o Estatuto da Cidade trouxe um avanço no que diz respeito às discussões do rural e do seu planejamento nos Planos Diretores Municipais.

Embora considere esse avanço em relação ao Planejamento do Território Rural nos Planos Diretores é sempre importante lembrar, mesmo que o Estatuto da Cidade traga, em seu conteúdo, que os Planos Diretores devem incluir as áreas rurais do município, cabe-nos refletir sobre como o universo rural é inserido nas políticas municipais e como esse fator pode proporcionar melhores condições de vida para a população rural.

Um das questões mais problematizadas e discutidas por pesquisadores e estudiosos sobre a legislação do território rural, refere-se à distribuição das competências e atribuições entre município, Estado e União. Sabe-se que constitucionalmente, as áreas rurais são de competência da união, no entanto, o Estatuto da Cidade atribui ao município, também, a função de legislar sobre as áreas rurais. A falta de articulação entre esses entes federativos, referente a distribuição das competências, gera conflitos legais de atribuição e mais que isso, deixa em segundo plano os problemas enfrentados pelas áreas rurais.

Os problemas ligados à legislação do rural - tanto os referentes à definição das atribuições e das competências dessas áreas, quanto os advindos da complexidade e da dificuldade de um conceito único que defina e que permita um modelo de desenvolvimento rural - contribuem para a não contemplação desse âmbito nos Planos Diretores Municipais. Soma-se a

isso a inexperiência na elaboração desses Planos, além da negligência no que tange ao cumprimento do estabelecido nesse documento municipal, que, na maioria das vezes, é “engavetado”.

Assim, debater sobre o rural na atualidade se faz necessário pela urgência em entender essa categoria e para que, a partir disso, os municípios elaborem Planos Diretores que integrem a complementaridade entre as atividades desenvolvidas no rural e no urbano, com vistas ao pleno desenvolvimento econômico e social do município e do território.

Para tanto, dentre as estratégias de desenvolvimento das áreas rurais, é necessário vê-las para além de seus problemas e destacar as suas visíveis potencialidades, de forma a favorecer o bem-estar da sua população local. Em face disso, é imprescindível considerar a heterogeneidade da sociedade brasileira e utilizar a escala local na formulação de diagnósticos aos problemas enfrentados pela população rural.

Referências

- Brasil. (1988). *Constituição de 1988*. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal: Centro Gráfico.
- Brasil. (2002). *Estatuto da cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos: Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana*. 2. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações. (Série fontes de referência. Legislação; n. 46).
- Brasil. (2001). *Estatuto da Cidade: Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana*. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações. (Série fontes de referência. Legislação; n. 49).
- Brasil. (1964). *Lei n° 4.504, de 30 de novembro de 1964*. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providencias. Brasília: **Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4504.htm. Acesso em: 17 mar. 2016.
- Brasil. (1996). *Lei n° 9.393, de 19 de dezembro de 1996*. Dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, sobre pagamento da dívida representada por Títulos da Dívida Agrária e dá outras providências. Disponível em: <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/tributario/lei9393.htm>. Acesso em: 14 mar. 2016

- Brasil. (2006). Ministério das Cidades. *Mobilidade e desenvolvimento urbano. Ministério das Cidades, Secretaria de Transporte e da Mobilidade Urbana*. Brasília: MCidades. (Gestão integrada da mobilidade urbana, 1).
- Brasil. (2004). *Plano Diretor Participativo: guia para elaboração pelos municípios e cidadãos*. Brasília: Ministério das Cidades.
- Cruz, P. M. F. da; Morete, R. de S. (2015). Ação do poder público no planejamento territorial da área rural. *Anais do Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional*, Belo Horizonte, MG, Brasil, 16.
- Favareto, A. (2009). Retrato das políticas de desenvolvimento territorial no Brasil. *Documento de Trabajo*, 1(26). Programa Dinámicas Territoriales Rurales. Rimisp, Santiago, Chile, 2009. Disponível em: <https://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/39814/1/128601.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.
- Favareto, A. et al. (2010). *Políticas de desenvolvimento territorial rural no Brasil: avanços e desafios*. Brasília: IICA. (Série Desenvolvimento Rural Sustentável; v.12)
- Ferrari, R. M. M. N. (2003). *O controle de constitucionalidade das leis municipais*. 3. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais.
- Gomes, M. P. C. (2006). *O Plano Diretor de desenvolvimento urbano - Após o Estatuto da Cidade*. Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.mpggo.mp.br/portalweb/hp/9/docs/doutrinaparcel_11.pdf. Acesso em: 10 mar. 2015.
- Heinen, M. I. (2009). *Introdução ao estudo do Direito Agrário*. (Texto Didático para uso local). Disponível em: <http://www.apostila.com.br/apostila/2541/direito-agrario-introducao.html>. Acesso em: 23 fevereiro 2016.
- Krambeck, Christian. (2007). *Planejamento territorial rural: análise do processo de elaboração de planos diretores em municípios rurais, o caso de Papanduva – Santa Catarina*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Lodder, C. A. (1976). Planejamento regional: o ponto de vista rural. *Pesquisa e planejamento econômico*, Rio de Janeiro, 6(3), 807-8016.
- Meirelles, H. L. (2003). *Direito municipal brasileiro*. 13. ed. Atualizada por Célia Marisa Prendes e Marcio Schneider Reis. São Paulo: Malheiros Editores.

- Miranda, L. I. B. (2008). *Planejamento e Produção do espaço em áreas de Transição rural-urbana: o caso da Região Metropolitana do Recife*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife: UFPE.
- Nakano, K. (2004). O Plano Diretor e as zonas rurais. In Santoro, P.; Pinheiro, E. (Org.). *O município e as áreas rurais*. (pp. 25-36). São Paulo: Instituto Pólis. (Cadernos Pólis, 8).
- Oliveira, C. R. de. (2011). *O rural nos planos diretores pós-estatuto da cidade: o caso do Rio Grande do Sul*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Rosa, R. L.; Ferreira, D. A. de O. (2010). As categorias rural, urbano, campo, cidade e a perspectiva de um *continuum*. In Sposito, M. E. B.; Whitacker, A. M. (Org.). *Cidade e campo: relações e contradições entre urbano e rural*. (2. ed., pp.187-204). São Paulo: Expressão Popular.
- Santoro, P.; Costa, C.; Pinheiro, E. (2004). Introdução. In Santoro, P.; Pinheiro, E. (Org.). *O planejamento do município e o território rural*. (pp. 5-13). São Paulo, Instituto Pólis. (Cadernos Pólis, 8)
- Santos Junior, O. A.; Silva, R. H. da; Sant'ana, M. C. (2004). Introdução. In Sant'ana, M. C.; Santos Junior, O. A. dos; Montandon, D. T. (Org.). *Os planos diretores municipais pós-estatuto da cidade: balanço crítico e perspectivas*. Rio de Janeiro: Letra Capital.
- Santos, M. R. R. dos. (2014). *Contribuições do planejamento ambiental para o planejamento territorial das áreas rurais: proposta de uma estrutura base para elaboração e revisão de planos Diretores Municipais*. Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Saule Júnior, N. (2004) A competência do município para disciplinar o território rural. In Santoro, P.; Pinheiro, E. (Org.). *O planejamento do município e o território rural*. (pp. 41-52). São Paulo: Instituto Pólis. (Cadernos Pólis, 8).
- Silva, S. R. M.; Peres, R. B. (2009). Gestão dos territórios rurais: possibilidades e limitações do estatuto da cidade. *Anais Do Encontro da Associação Nacional De Pós-Graduação e Pesquisa Em Planejamento Urbano e Regional*, Santa Catarina, Brasil, 8.

- Villaça, F. (1999). Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In Deák, C.; Schiffer, S. R. (Org.). *O processo de urbanização no Brasil*. (pp. 169-243). São Paulo: EdUSP.
- Zukim, M. L. O. (2008). Lugar do rural nos planos diretores municipais. *Anais do Congresso Luso Brasileiro para Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*, São Carlos, 3. Disponível em: <http://www.mlzuquim.fau.usp.br/artigos/O_lugar_do_rural_nos_planos_diretores_municipais.pdf>. Acesso em: 21 maio 2015.



NOTAS Y DOCUMENTOS

NOTES AND DOCUMENTS

NORMAS DE PUBLICACIÓN

PUBLICATION GUIDELINES

1. ADMISIÓN

- Se admiten artículos originales e inéditos relacionados con temáticas y problemas geográficos de índole teórico-metodológica o estudios de caso.
- El autor debe remitir su artículo a la dirección electrónica de la Revista Geográfica de América Central revgeo@una.cr, o a la MSc. Lilliam Quirós Arias (lquiros@una.cr) o la Mag. Consuelo Alfaro Chavarría (calfaro@una.cr).
- Junto con el documento que será sometido a revisión, el autor debe enviar una carta manifestando expresamente que el documento es inédito y original, y que no está en proceso de revisión en otra revista.
- El documento original debe tener las páginas debidamente enumeradas.
- Durante el proceso de evaluación las editoras estarán en constante comunicación con los autores para las respectivas incorporaciones de mejora en el artículo. Una vez que el artículo ha sido aceptado e incorporadas las sugerencias de la evaluación cuando corresponda, una versión final será enviada a los autores para su respectiva aprobación; mismo que será el documento final a incorporar en el número respectivo.

2. NORMAS DE PRESENTACION DE ARTÍCULOS

Los documentos deben ser enviados en español, inglés o portugués, con un resumen no mayor de 10 líneas, en el idioma vernáculo y en inglés, con un máximo de 5 palabras claves en ambos idiomas. Un tamaño máximo de 25 páginas, incluyendo las figuras y la bibliografía.

El texto debe estar en formato Word, escrito con letra Times New Roman 12, a espacio y medio, con 2,5 cm en los márgenes superior e inferior, y 3 cm en los márgenes derecho e izquierdo, en hoja tamaño carta.

Las ilustraciones (mapas, gráficos, fotos, etc.), las tablas y los cuadros (estadísticos) deben ser enumerados según su orden de aparición en el texto (numeración arábica); con formatos para una impresión de buena resolución.

En el caso de los mapas, la impresión puede ser a color, en formato JPG o Tiff, wmf, bmp. Todas las ilustraciones deben ubicarse en el texto y adjuntarse en archivos separados.

Las referencias bibliográficas deben estar citadas en el texto, ordenarse alfabéticamente, y seguir el formato internacional de la American Psychology Association (APA).

El artículo debe contemplar los siguientes elementos: resumen, introducción, área de estudio, características generales, marco teórico-conceptual, marco metodológico, resultados, discusión de resultados y bibliografía.

3. ORDEN DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

Título: Breve, claro y que corresponda con el contenido. En letras mayúsculas, centrado y en negrita. En el idioma vernáculo y en inglés.

Nombre y apellidos del autor o los autores: justificados hacia la derecha.

Grado académico, lugar, dirección de trabajo y dirección electrónica: en una nota al pie de página y con letra Times New Roman 10.

Resumen en el idioma vernáculo y en inglés: máximo 10 líneas, enunciando los aspectos principales del texto, objetivos de la investigación, metodología y principales hallazgos.

Palabras clave: En el idioma vernáculo y en inglés: máximo 5 palabras.

Texto: El texto inicia con la Introducción (Introducción), diferenciando la jerarquía de títulos y subtítulos utilizando tamaños de letra y uso de la negrita. Con letra Times New Roman a espacio y medio.

Referencias bibliográficas: deben estar citadas en el texto, ordenarse alfabéticamente, y seguir el formato internacional de la American Psychology Association (APA).

4. NOTAS Y CITAS

En lo posible deben reducirse a lo indispensable.

Las notas al pie de página deben tener un fin meramente aclaratorio o explicativo, o bien, aportar información sobre lecturas adicionales para el lector potencial del texto.

En el texto, las citas textuales llevarán entre paréntesis el apellido del autor, año y número de página.

Las citas textuales inferiores a 40 palabras deben ir incluidas en el texto entre comillas.

Las citas textuales superiores a 40 palabras deben ir en un bloque independiente, sin comillas y con sangría de 2,54 cm.

5. BIBLIOGRAFÍA

Dispuesta en orden alfabético, según el apellido del autor. Siguiendo los criterios de la APA.

Ejemplos

Libro:

Gómez, D. M. y Barredo, C. J. I. (2004). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid, España: RAMA.

Capítulo de un libro:

Santos, M. (2000). *Por una geografía de las redes*. La Naturaleza del Espacio. Barcelona, España: Editorial Ariel. (pp. 221-234)

Revista:

Murai, S. (1999). Libro de trabajo SIG. Volumen 1: Curso básico. En *Revista SELPER*, 15(1), 8-66.

Tesis:

Romero, M. (2004). Análisis de los cambios en la estructura del paisaje de l'alt Empordá, 1951-2001. Tesis doctoral. Escuela de Geografía, Universidad de Girona. España. (pp.320).

Página electrónica:

Mascaraque, S. A. (2003). Índices de causalidad y riesgo de incendios aplicados a espacios naturales protegidos de la comunidad de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/911/1/PFC_Riesgos_Incendios_Forestales.pdf.

Periódico:

Loaiza, N. V. (24 de enero, 2008). Incendios forestales provocados arrasaron 32.000 hectáreas. La Nación. San José, Costa Rica. (p.5)

6. CUADROS Y TABLAS

Las tablas y los cuadros deben estar enunciados explícitamente en el documento y ubicados dentro del texto, con números arábigos.

7. FIGURAS (gráficos, diagramas, fotografías, etc.)

Deben estar enunciadas explícitamente en el documento y ubicadas dentro del texto.

El tamaño de las figuras podrá ser de hasta 13 cm de ancho por 18 cm de largo, con el objeto de ajustarse al formato de la revista.

Todas deben llevar numeración, título, leyenda y fuente. Deben estar debidamente referidas en el texto.

8. MATERIAL CARTOGRÁFICO: (mapas y planos)

Todos deben llevar numeración, título y fuente. Deben estar debidamente referidos en el texto.

Referencia:

Apellidos, Nombre (autor/es, iniciales o nombre/es completo de los diferentes autores separados por;) o nombre de la entidad responsable. Año de publicación:, Título (en itálica) [Designación del tipo de material por ejemplo: plano]: subtítulo (opcional y en cursiva). Escala numérica. Edición. Lugar de publicación: año.

Ejemplo:

Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Costa Rica). *Istarú*. [Hoja topográfica]. Escala 1:50,000. San José, Edición 2, 1981.

9. DISTRIBUCIÓN

Una vez publicada la revista, los autores recibirán 1 ejemplar. Adicionalmente una vez que la Editorial de la Universidad Nacional aprueba la publicación ésta será dispuesta en formato digital en la página de la revista, en la cual los autores y otros usuarios pueden acceder a esta publicación.

GUIDELINES FOR AUTHORS

1. ADMISSION

- Only Original and Unpublished Documents May be Submitted for Review
- Submitting a Document
- Articles should be submitted by email to the Central American Geographic Magazine at revgeo@una.cr. Articles may also be submitted to the magazine direction-editor, Ms. Lilliam Quiros Arias, MSc., at lquiros@una.cr or to editor Ms. Consuelo Alfaro Chavarría, Mag., at calfaro@una.cr.
- In addition to this document, the author must also submit a letter stating explicitly that the document is new and original, and is not under review by another journal.
- All original articles must be submitted in proper page order and have the pages numbered correctly.
- If, after review, the document is accepted for publication, the author must submit the final document in digital format, with corrections and pages duly numbered. Documents can be articles or notes/documents.

2. ARTICLES

Articles must be related to geographic issues or problems of a theoretical or methodological nature, or a case study.

3. NOTES AND DOCUMENTS

These can be official results of institutions, events, conclusive scientific or professional processes or dynamics or results from a step or process. They can mention plans of study at Universidad Nacional, conclusions of scientific meetings or workshops, summaries of high-impact projects, documents formulating official policy or geographical impact programs, among others. Such submissions should be three to ten pages.

4. RULES FOR SUBMITTING ARTICLES

The documents must be sent electronically by email in Spanish, English or Portuguese with a summary, or abstract, of no more than 10 lines, in the vernacular language or English, with a maximum of five key words in both English and Spanish/Portuguese. Maximum article size should be no more than 25 pages, including figures, graphics and bibliography.

The text must be in Word format, in Times New Roman 12 point type, half space with 2.5cm of margin top and bottom and 3.0cm of margin on the left and right sides.

Include the following elements: introduction, area of study, general characteristics, theoretical and conceptual framework, methodological framework, results, discussion of the results and bibliography.

The illustrations (maps, graphics, photos, etc.), tables and charts, should be numbered in the order that they appear in the text. Maps can be in color or black and white and in jpg, tiff, wmf or bmp format. No gif files, please. All illustrations should be properly placed in the text and submitted in separate files.

Bibliographic references should be cited in the text, ordered alphabetically and follow the international format of the American Psychology Association (APA).

5. ORDER OF PRESENTATION OF THE WORK

Title: Brief, clear and relative to the content, centered in bolded capital letters. Titles should be in both the vernacular and in English. Times New Roman 12pt.

Author: First and last names, right justified. Author's academic/profession credentials, work address and email address should appear as a footnote on page 1. Times New Roman 10pt.

Abstract: The abstract or summary should be submitted in the vernacular and in English. It should be a maximum of 10 lines and clearly summarize the principal aspects of the submission. Times New Roman 10pt

Keywords: Submit both in the vernacular and English. Maximum of five words. Times New Roman 10pt

Text: Begin with the introduction, differentiating the hierarchy of headings with font types and use of bold. Times New Roman 12pt double spaced.

Bibliography: Should be cited in the text and not in footnotes at the bottom of the page.

6. NOTES AND QUOTES

To the extent possible, limit the use of notes. Footnotes should be used solely for clarification or explanatory purposes or to guide the reader to sources of further information.

When quoting directly from another's work, follow the quote with a parenthesis citing the author's last name, year of work and page number.

Quotations of less than 40 words should be included in the text with quotation marks.

Quotations of more than 40 words should be treated as a separate block of text, without quotation marks, and an indentation of 2.54cm.

7. BIBLIOGRAPHY

The bibliography should be arranged in alphabetical order by the author's last name, following the criteria of the APA.

Examples:

Book

Gómez, D. M. y Barredo, C. J. I. (2004). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid, España: RAMA.

Chapter of Book

Santos, M. (2000). "Por una geografía de las redes". *La Naturaleza del Espacio*. Barcelona, España: Editorial Ariel. (pp. 221-234)

Magazine

Murai, S. (1999). Libro de trabajo SIG. Volumen 1: Curso básico. En: Revista SELPER, Vol. 15, N° 1. (pp. 8-66)

Newspaper

Loaiza, N. V. (24 de enero, 2008). Incendios forestales provocados arrasaron 32.000 hectáreas. La Nación. San José, Costa Rica. (p.5)

Thesis

Romero, M. (2004). Análisis de los cambios en la estructura del paisaje de l'alt Empordá, 1951-2001. Tesis doctoral. Escuela de Geografía, Universidad de Girona. España. (pp.325)

Website:

Mascaraque, S. A. (2003). Índices de causalidad y riesgo de incendios aplicados a espacios naturales protegidos de la comunidad de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado: http://oa.upm.es/911/1/PFC_Riesgos_Incendios_Forestales.pdf.

8. TABLES AND CHARTS

Tables and charts should be stated explicitly in the document and placed within the text using Arabic numerals.

9. FIGURES (Graphics, Diagrams, Photographs, Etc.)

Figures must be explicitly stated in the document and located within the text.

Figures may be up to 13cm wide and 18cm long, in order to conform to the format of the journal.

All figures must include number, title, legend and font and be properly referenced in the text.

10. CARTOGRAPHIC MATERIAL (Maps and Plans)

Maps and plans should be numbered, titled and sourced and be properly referenced in the text.

References:

Last name, first name (author/s, initial or name; if many authors, separate by ;) or name of the responsible entity. Year of Publication: Title (in italics) [Designation of the type of material, eg., map]: Subtitle (optional and in italics). Numerical scale. Edition. Place of Publication: year

Example:

Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Costa Rica). Istarú. [Hoja topográfica]. Escala 1:50,000. San José, Edición 2, 1981.

DISTRIBUTION

Once the document is published, authors will receive two complimentary copies of the journal.

SISTEMA DE ARBITRAJE

Los documentos serán sometidos al proceso de juicio de los evaluadores/as externos, mediante el sistema de revisión por pares (*peer review*); quienes emplean la “Guía de criterios para la evaluación de artículos” establecida por la revista, la cual incluye además de las normas formales, la calidad, la pertinencia y el grado del aporte científico de los artículos. Los evaluadores no conocerán el nombre del autor. Los nombres de los evaluadores tampoco serán revelados. Se guarda, de manera explícita, el anonimato y la confidencialidad de estas personas.

Los evaluadores cuentan con un plazo no mayor a 30 días naturales para evaluar y entregar el dictamen pertinente a la secretaría de la Revista.

En caso de que el evaluador no estuviera de acuerdo con la publicación del documento, este será sometido a revisión por parte de un segundo evaluador, cuyo dictamen servirá para tomar una decisión al respecto.

Si el evaluador del documento recomienda correcciones, el autor será el responsable de hacerlas y entregar el documento final en formato digital, en un plazo no mayor a 30 días naturales.

La última decisión para la publicación o rechazo de un documento corresponde al Consejo Editorial de la Revista Geográfica de América Central.

PEER REVIEW PROCESS

All document submissions are subject to the judgment of a team of external evaluators who employ a guide to critical evaluation of journal articles. Documents are judged against a set of standards for quality, relevance and degree of contribution to the field of study. Evaluators will not know the name of the author submitting the document, nor will the author know the names of the evaluators. Evaluators have 30 days to review the document and determine its suitability for publication.

If a document is at first rejected for publication, a second review by different evaluators will be initiated. If the document is rejected again, the rejection is final. If, upon second review, the document is recommended for publication, the document will undergo a final review by a third set of evaluators.

If the evaluators recommend changes to the document, the author will be notified and will have up to 30 days to make the recommended revisions and resubmit the document.

The final decision for publication or rejection of a document rests with the Editorial Board of the Geographic Magazine of Central America.

Esta Revista se imprimió en el año 2017 en el Programa de Publicaciones e Impresiones de la Universidad Nacional; consta de un tiraje de 200 ejemplares, en papel bond y cartulina barnizable.

E-32-17-PUNA

