

Revista GEOGRÁFICA VENEZOLANA

ISSN 1012-1617

Volumen

57(1)2016

enero-diciembre



INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA



Revista GEOGRÁFICA VENEZOLANA

Mario Bonucci Rossini
Rector
Manuel Aranguren
Vicerrector Administrativo
Patricia Rosenzweig
Vicerrectora Académica
José María Andérez
Secretario
Darío Garay
Decano
Juan Carlos Rivero
Director Instituto de Geografía
Julio Quintero
Director Escuela de Geografía

Editora responsable
Delfina Trinca Figuera (ULA-Ve)
Editores asociados
Carlos Ferrer Oropeza (ULA-Ve)
Enrique Gómez Acosta (ULA-Ve)
Secretaria editorial
Consuelo Vargas
Asistente editorial
Belkis Meza
Diseño
Reinaldo Sánchez Guillén
Imagen de portada
Valle de Mifafi. Parque Nacional Sierra de la
Culata. Mérida-Venezuela.
Foto tomada por Franklin José Marquina.
2013. franklinjosem@yahoo.com.

Comité Editorial (Editorial Board)
Altez, Rogelio (UCV-Ve)
Amaya, Carlos Andrés (ULA-Ve)
Bosque Maurel, Joaquín (Un. Comp.-Es)
Colombara, Mónica (UNLZ-Ar)
Cunill, Pedro (UCV-Ve)
De Souza, María Adéla (USP-Br)
Pulido, Nubis (ULA-Ve)
Massiris, Ángel (UPTC-Co)
Rojas López, José (ULA-Ve)
Ramírez Velázquez, Blanca (UAM-Mx)
Silveira, María Laura (USP-Br)
Sanguin, André-Louis (Sorbona-Fr)

Miembros Honorarios (Honorary Members)
Aguilar, Luis (ULA-Ve)
Boada Jiménez, Ceres (ULA-Ve)
Cárdenas, Antonio Luis (ULA-Ve)
Delgado de Bravo, María Teresa (ULA-Ve)
Durant, Pedro (ULA-Ve)
Estaba, Rosa (UCV-Ve)
Estévez, Raúl (ULA-Ve)
Guillén, Irma (ULA-Ve)
Gutiérrez, Orlando (ULA-Ve)
Méndez, Elías (ULA-Ve)
Molina, Luisa (ULA-Ve)
Muñoz, Carlos (ULA-Ve)
Ochoa, Guido (ULA-Ve)
Ramírez, Rosa (ULA-Ve)
Rivero, Carmen (UCV-Ve)
Rojas Salazar, Andrés (ULA-Ve)
Valbuena, Jovito (ULA-Ve)
Valero, Mario (ULA-Ve)
Vivas, Leonel (ULA-Ve)
Zambrano, Jorge (ULA-Ve)

Todos los derechos reservados. El contenido de esta revista está protegido por la Ley.
No puede ser reproducida, ni registrada o transmitida por cualquier medio de recuperación
de información sin el permiso previo, por escrito, de los editores.

© 2015. Universidad de Los Andes.

ISSN 1012-1617. Depósito legal pp. 195902ME658

Este número ha sido publicado gracias al apoyo de la Universidad de Los Andes,
Mérida-Venezuela.

Descripción. La *Revista Geográfica Venezolana* es el órgano divulgativo del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Publica investigaciones en todos los campos de la Geografía y ciencias afines, bajo la modalidad de artículos. En la sección de Notas y Documentos se presentan resultados parciales de investigaciones, informes técnicos, reflexiones y propuestas teóricas y metodológicas de interés científico. Igualmente revisiones bibliográficas. Todos los artículos y los documentos que lo requieran son sometidos a arbitraje bajo el sistema doble ciego. Las opiniones son responsabilidad de los autores. Esta revista está dirigida a profesionales (investigadores y docentes) del campo de la geografía y ciencias relacionadas.

Subscripciones. Las subscripciones se reciben de acuerdo al año calendario. Los precios para 2016 son: Venezuela: 180,00 Bs. (2 números). Incluye envío postal. Internacionales: Instituciones 140,00 U\$D; personas naturales 130,00 U\$D. Es indispensable el pago por adelantado y el mismo debe hacerse en cheque a nombre de: Universidad de Los Andes y remitirlo a: Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Oficina de Publicaciones, Universidad de Los Andes, vía Los Chorros de Milla, Mérida 5101-Venezuela. Venta directa de cada número: hasta el volumen 30: 20,00 Bs.; del 31 al 49: 40,00 Bs; a partir del 50: 60,00 Bs.

Envío de manuscritos. Información acerca de cómo elaborar manuscritos se ofrece en las páginas finales de cada número en el punto 'Instrucciones a los Autores'. También en: www.saber.ula.ve/regeoven. Toda correspondencia debe ser enviada al Editor Responsable: Revista Geográfica Venezolana, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, vía Los Chorros de Milla. Mérida 5101-Venezuela. Correo electrónico: regeoven@ula.ve; regeoven@gmail.com. Fax: 58-0274-2401603.

Indización. La *Revista Geográfica Venezolana* está indizada en: Geobase, Geodate Base, Periódica (UNAM, México), Revencyt (bajo el código de identificación RVR 005), Abstracts Journal (Referativnyi Zhurnal-Rusia), FONACIT (reg2005000002), Latindex-Catálogo, Geographical Abstracts (Human Geography and Physical Geography), International Development Abstracts, Public Affairs Information Service Bulletin (PAIS), Bibliography and Index of Geology, Informe Académico y Academic OneFile, Gale Cengage Learning, Dialnet, Redalyc, Scopus y SCImago Journal Rank. También "Esta revista está incluida en la colección SciELO Venezuela (www.scielo.org.ve)".

2016. VOLUMEN 57. DOS NÚMEROS POR AÑO.

2016. VOLUME 57. NUMBER OF ISSUES PER YEAR: 2.

www.saber.ula.ve/regeoven

Scope. The *Revista Geográfica Venezolana* is the official journal of the Institute of Geography and Natural Resources Conservation. The journal publishes high quality original research on all aspects of the geographical science and related fields. The topics covered include papers, notes or short communications and books review. All contributions are sent to at least two referees (peer review). The opinions are responsibility of the authors.

Subscriptions. Subscriptions are accepted on a yearly basis. 2016 Rates: Venezuela: 180 Bs. (two issue). Other countries: institutional \$ US 140 per volume, individuals \$ US 130 per volume. Includes ordinary mail shipping and handling. Advance payment in US currency required. Please make check cashable to: Universidad de Los Andes and send it to the following address: Oficina de Publicaciones. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Vía los Chorros de Milla. Mérida 5101, Venezuela. Local prices: until volume 30: 3 Bs. per issue; vols. 31-37: 5 Bs. per issue; vols. 38-40: 10 Bs. per issue. Volumes 41-46: 15 Bs. per issue. Volumes 47-49: 20 Bs. per issue. Special issue (2005): 30 Bs. After volume 50: 25 Bs. Intended readership: Researchers and scientist in geography and related fields.

Manuscript submission. Information about manuscript submission is available at each issue of the journal in Instructions to the Authors. Send all manuscripts and correspondence to the Responsible Editor: Revista Geográfica Venezolana. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Vía los Chorros de Milla. Mérida, Venezuela. regeoven@ula.ve; regeoven@gmail.com. www.saber.ula.ve/regeoven. Fax: 58-0274-2401603.

Indexation. The journal is abstracted and indexed in: Geobase, Geodata Base, Periódica (UNAM, México), Revencyt (Identification Code: RVR 005), Abstracts Journal (Referativnyi Zhurnal-Rusia), Fonacit (reg2005000002), Latindex, Geographical Abstract (Human Geography and Physical Geography), International Development Abstract, Public Affairs Information Service Bulletin (PAIS), Bibliography and Index of Geology and Informe Académico, Gale Cengage Learning, Dialnet, Redalyc, Scopus and SciELO Venezuela.

ARTÍCULOS PAPERS

- 14–37 **HIDALGO RODRIGO, DE SIMONE LILIANA, SANTANA DANIEL y ARENAS FEDERICO**
Geografías del comercio en Santiago de Chile (1990-2010): de la reestructuración comercial al policentrismo inmobiliario
The geographies of commerce in Santiago de Chile (1990-2010): from the commercial restructuring to the real estate polycentrism
- 38–57 **RODRÍGUEZ LUZ M., OLLARVES REINALDO, AUDEMARD FRANCK, SINGER ANDRÉ, COLÓN SIREL, MIRÓ CHANTAL y VIETE HEWART**
Estudio paleosísmico en la traza activa de la falla El Ávila, Santa Rosa, Caracas, Venezuela
Paleoseismic studies in the active trace of El Ávila fault, Santa Rosa, Caracas, Venezuela
- 58–73 **FALASCA SILVIA LILIANA y BERNABÉ MARÍA ANGÉLICA**
Modelo de zonificación agroclimática para la producción de sorgo dulce con fines energéticos en Argentina
Agroclimatic zoning model for sweet sorghum production for energy purposes in Argentina
- 74–95 **MÉNDEZ WILLIAMS, RIVAS LARRY, FERNÁNDEZ EDUARDO, DÍAZ YBRAHIM, ARÉVALO MARIELIS y CORREA NORAIMA**
Amenaza hidrogeomorfológica en microcuencas de la vertiente sur del Parque Nacional Waraira Repano, Distrito Capital-Venezuela
Hydro-geomorphological hazard in catchments of the Waraira Repano National Park south hillside, Distrito Capital, Venezuela
- 96–113 **FUENZALIDA MANUEL, COBS VÍCTOR y MIRANDA MINERVA**
Inequidad socioespacial para hospitalizaciones asociadas al contaminante material particulado en niños residentes en Santiago de Chile
Sociospatial inequity for hospital admissions associated to the pollutant particulate matter in resident children in Santiago de Chile
- 114–127 **PICONE NATASHA y CAMPO ALICIA M.**
Análisis del confort climático en la ciudad de Tandil-Argentina
Climatic confort analysis in Tandil city, Argentina

NOTAS Y DOCUMENTOS NOTES AND DOCUMENTS

- 130–137 **FORTUNATO IVAN**
Notas sobre el lugar desde el punto de vista de la geograficidad
Notes about place from a geographicity standpoint
- 138–143 **URBINA CARLOS y ARANGUREN B. ANAIRAMIZ**
Semblanza del profesor Rigoberto Andressen
Biographical notes of profesor Rigoberto Andressen

BIBLIOGRAFÍA CRÍTICA BOOKS REVIEW

- 146–149 **TRINCA FIGHERA DELFINA**
Del agrarismo histórico a los desafíos del desarrollo territorial en Venezuela
From the historic agrarianism to the challenges of territorial development in Venezuela

EDITORIAL

La transición de lo impreso a lo digital: una modernización inevitable o una necesidad impuesta

Transition from the printing to the digital: an unavoidable modernization or an imposed need

Delfina Trinca Figuera

editora responsable

Hace poco más de veinte años, el británico Tim Berners-Lee inventó la *World Wide Web*, mejor conocida como la ‘red’. A partir de ese momento, el mundo no volvió a ser igual. Como sucedió con la llamada Revolución Industrial, hoy día son cada vez menos los sectores de la sociedad que no han sido permeados por el impresionante y explosivo crecimiento del mundo ‘en línea’. Se estima que un poco más del 25% de la población mundial es usuaria de la red.

Aun cuando la internet fue inventada hace unas cuantas décadas por científicos del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, al igual como ocurrió con el Ford T, que pasó de una simple curiosidad mecánica, a ser un bien al alcance de millones de personas, de manera muy rápida la red se convirtió en una herramienta disponible para millones: la *World Wide Web* permitió que el mundo en línea, antes accesible a través de enmarañados códigos de computación, estuviese apenas a un clic de distancia.

La divulgación del conocimiento ha tenido en las publicaciones periódicas, sobre todo desde fines del siglo XIX, un canal abierto para que éste llegue a sus lectores, sean éstos del área académica o del mundo del cotidiano. Las revistas de todo tipo, pero sobre todo las científicas, han jugado un rol fundamental para mantener el conocimiento en circulación. Antes de la era ‘en línea’, el papel impreso era el medio utilizado para cumplir con este rol trascendente de informar, dar a conocer lo que en materia de acontecimientos de interés general ocurrían en nuestro globo a todas las escalas; también para divulgar nuevos descubrimientos, nuevas formas de aproximarse a la realidad; lo importante era que el conocimiento llegase a la mayor cantidad posible de personas.

Las revistas científicas de la mayoría de los países desarrollados iniciaron hace bastante tiempo la necesaria modernización editorial; supieron cuando debían ‘montarse’ en el tren de la era digital, por la significativa reducción de los costos de edición, pero también porque a los lectores se le podían ofrecer una infinita variedad en lo visual: lectura más ágil; mejor aprovechamiento de los recursos editoriales (diseño y estilo editorial mucho más amigables, etc.).

En este sentido, nos llevan una gran ventaja; el que sus publicaciones tengan el soporte financiero necesario para mantener, principalmente, la periodicidad, es fundamental; también que una buena parte de estas revistas publican sus artículos en inglés, idioma por excelencia de nuestro tiempo, sobre todo del quehacer científico, pero además, al estar 'en línea' circulan en tiempo real. Sólo esto último garantiza que lo publicado en estas revistas llegue a todas partes.

Aun cuando hay que reconocer que numerosas universidades, en muchos países en los que el inglés no es el idioma oficial, han hecho esfuerzos importantes para colocar sus revistas científicas en formato digital, la versión en papel todavía tiene peso. En muchas de estas casas de estudio, a pesar de trabajar 'en línea', los resultados de la labor de investigación aún se publican en versiones impresas, a veces porque los equipos editoriales no terminan de asumir lo que significa la divulgación del conocimiento en formato digital; otras, porque la inercia burocrática que reina en nuestras universidades no ayuda a dar el salto. Es oportuno señalar además, que en muchas ocasiones, las revistas impresas son las que mantienen actualizadas a las bibliotecas de estas universidades con lo más reciente en materia del conocimiento en sus áreas de competencia, sobre todo por la vía del canje entre las instituciones de educación superior.

En el caso concreto de la Universidad de Los Andes, el repositorio institucional Saber-ULA, uno de los más importantes de Venezuela, es depositario del patrimonio intelectual en la web de las publicaciones de sus investigadores y docentes; gestiona, difunde y facilita el acceso a los documentos electrónicos a texto completo creados por la comunidad universitaria; también publica en formato digital las principales revistas científicas que se editan bajo el sello de esta universidad, de acceso libre; a través de Saber-ULA la visibilidad internacional de lo que se hace en nuestra universidad se ha incrementado exponencialmente; sin embargo, no podemos dejar de mencionar que la mayoría de sus principales bibliotecas continúan nutriéndose de lo que se publica en las diferentes áreas del conocimiento gracias a la figura del canje. Esto obliga, en los hechos, a que la edición en papel de sus principales revistas aún sea significativa.

La Revista Geográfica Venezolana está entre las más de 90 revistas a las que se puede acceder desde el repositorio Saber-ULA; y desde hace unos cuantos años, siempre ha estado entre las 10 publicaciones periódicas más consultadas de nuestra universidad. En parte, este éxito se sustenta en que sus editores siempre han tenido muy en cuenta la importancia de no perder la periodicidad; factor éste que incide de manera muy rápida en la pérdida de posiciones en los índices y bases de datos en los que se encuentra, pero también porque de manera progresiva se ha cuidado la calidad más que la cantidad de lo que en ella se publica.

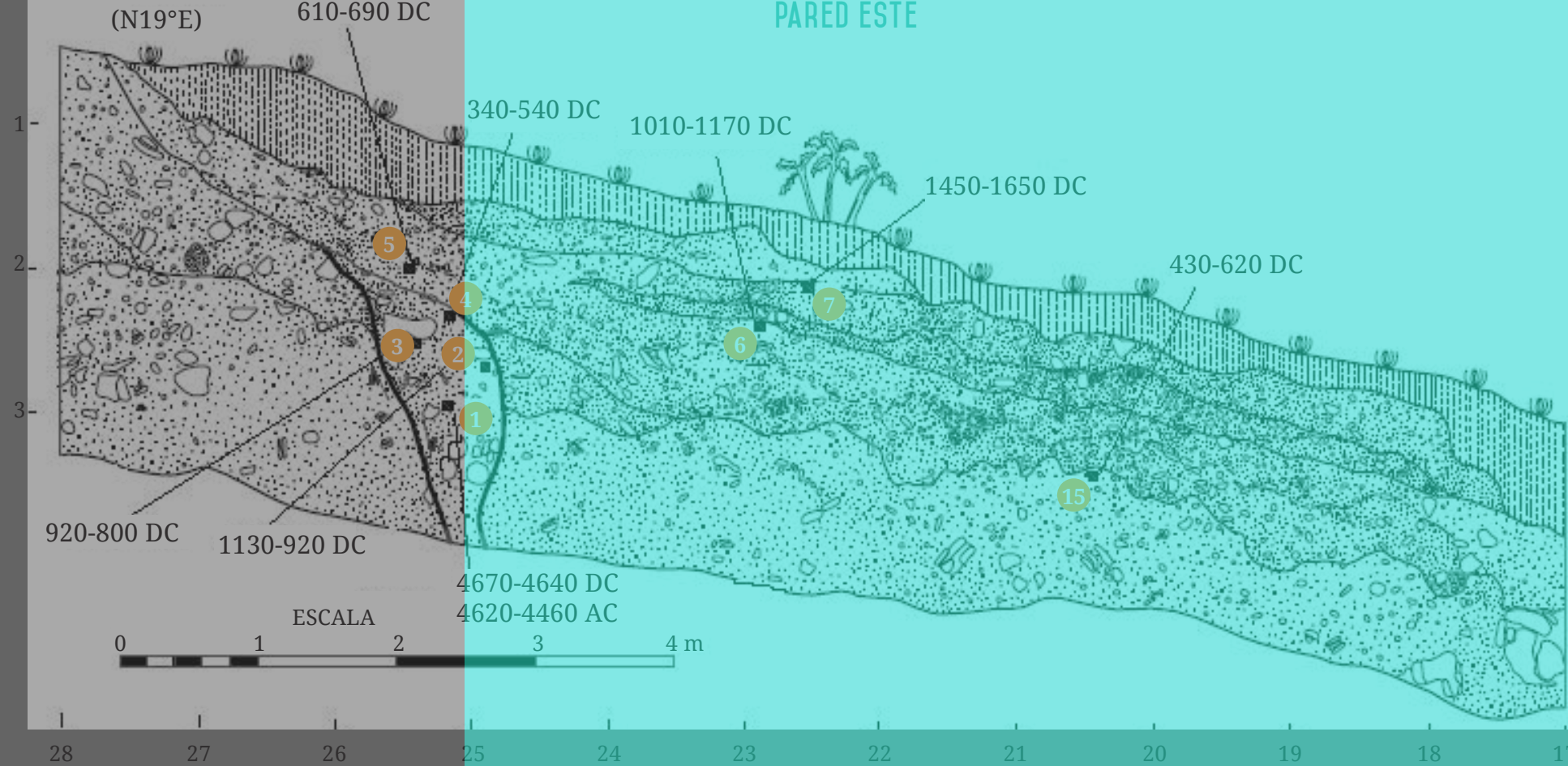
Además de la visibilidad que nos da el estar en el repositorio Saber-ULA, nuestra revista ha mantenido hasta hace poco más de un año la versión en papel; de hecho, el último número publicado en este formato fue el 1, volumen 55, 2014. A partir de ese número, dadas las particulares circunstancias financieras por las que atraviesa la Universidad de Los Andes, reflejo fiel de lo que ocurre en el país, ha sido imposible imprimir los números subsiguientes.

Hay que señalar que hasta ahora los números que aparecen en el repositorio Saber-ULA, no se diferencian de la revista impresa, en el entendido que al haber recursos, podemos proceder a editarla y así cumplir con los casi 200 canjes que mantiene la biblioteca 'Luis Fernando Chaves', una de las mejores de América Latina por su acervo en el campo de la geografía y ciencias afines. Sin embargo, la necesidad impuesta por la falta de financiamiento oportuno y suficiente imposibilita que en el corto o mediano plazo se pueda siquiera pensar en la impresión en papel de la revista.

Por todo lo dicho, ya hemos entrado en contacto con los centros bibliotecarios de las distintas universidades con las que mantenemos la figura del canje (Alemania, Francia, Brasil, España, Estados Unidos, Italia, Japón, entre los más importantes) para informarles de esta situación. Infelizmente, las consecuencias no demorarán en hacer sentir, pues al no estar en condiciones de editar la revista en el formato impreso, no podremos mantener los canjes tan necesarios para que nuestra biblioteca se mantenga actualizada. No olvidemos que muchas de las revistas científicas que se editan en formato digital no son de acceso abierto.

Por todo lo señalado es que a partir del número 1, volumen 57, 2016, le presentamos a nuestros lectores la nueva versión de la revista en formato digital, bien diferente de lo que hasta ahora pueden encontrar en el repositorio Saber-ULA. Con este número hemos decidido comenzar la definitiva modernización editorial de este formato, ante la imposibilidad de continuar editando la versión impresa, dado el sistemático recorte presupuestario al que se ha visto sometida la Universidad de Los Andes. Entre los elementos que estamos considerando y que esperamos incorporar ya para el número 2 de este 2016, se encuentra la actualización de la ortotipografía editorial en función de las tendencias actuales en la materia.

Es nuestro interés continuar brindándoles a nuestros lectores un producto de excelencia, a pesar de todos los inconvenientes que año tras año atentan en contra. Esperamos que al momento de contar con los recursos financieros suficientes, podamos retomar la impresión de la revista para continuar con nuestra política de canje, que tan excelentes frutos le ha dado a la divulgación de lo que se hace en el campo de la geografía y sus ciencias afines. Esto, por supuesto, sin olvidar que progresivamente el futuro apunta hacia la divulgación del saber en tiempo real.



ARTÍCULOS

PAPERS

Geografías del comercio

en Santiago de Chile (1990–2010): de la reestructuración comercial al policentrismo inmobiliario

The geographies of commerce in Santiago de Chile (1990–2010): from the commercial restructuring to the real estate polycentrism

Rodrigo Hidalgo

Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Santiago, Chile
hidalgd@uc.cl

Daniel Santana

Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Santiago, Chile
ldsantana@uc.cl

Liliana de Simone

Universidad Diego Portales, Santiago, Chile
rldesimone@gmail.com

Federico Arenas

Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Santiago, Chile
farenasv@uc.cl

Resumen

Los debates sobre la reestructuración de las áreas comerciales y del consumo en las metrópolis latinoamericanas se han centrado tanto en la experiencia urbana como en el carácter morfológico de las mismas. Por lo tanto, el objetivo del artículo es proponer una línea de investigación alternativa que busca recomponer la relación entre las transformaciones de las áreas comerciales en Santiago de Chile entre 1992 y 2012 y las dinámicas de reestructuración inmobiliaria que se expresan en dicha ciudad. De esa manera se encontró, mediante un análisis de formas, funciones y estructuras de distintas áreas comerciales —galerías, pasajes, protomalls y malls— como la actividad del consumo es central para comprender las dinámicas de metropolización y renovación del área central de la ciudad, por lo que el impulso a ciertas modalidades como los *mall* se enmarcan en estrategias de urbanización claramente identificables que implican, no sólo la promoción de ciertos valores sino su reapropiación alternativa por parte de diferentes grupos sociales.

Palabras clave: áreas comerciales; *protomalls*; *malls*; consumo; Santiago de Chile.

Abstract

Discussions on commercial and consumption areas restructuring in the major cities of Latin America have been dealt with based on both understanding the new urban experience associated with shopping centers and the morphological character of their massive spread. Therefore, in this paper we propose an alternative approach trying to fix the relationship among transformation of commercial areas in Santiago de Chile between 1992 and 2012, as well as real estate restructuring dynamics. Hence, it was found that by means of shapes, functions and structures of several commercial areas—galleries, passages, protomalls and malls, as the consumption activity is key to comprehend the dynamics of metropolization and renewal of the city central areas. That is why a bust to certain buildings like malls are framed in very identified urbanization strategies, which imply both the promotion of certain values and alternative reoccupation by different social groups.

Key words: commercial areas; *protomalls*; shopping centers; consumption; Santiago de Chile.

1. Introducción

Las geografías del comercio han redefinido el paso de una urbanización moderna a otra posmoderna, transformando tanto la experiencia urbana (Harvey, 1998), como los modos de sociabilización (Miller, 1995), así como también el paisaje y la morfología de las ciudades (Capel, 2013).

Aunque muchas áreas comerciales de centros históricos aun persisten —al menos en las ciudades latinoamericanas—, la promoción de nuevos edificios comerciales —hipermercados, *shopping malls* y *shopping centers*, *stripcenters*, centros de ocio, parques temáticos, etc., que algunos llaman de ‘artefactos de la globalización’ (De Mattos, 2002), han sido vistos, junto a la masificación de barrios cerrados horizontales y verticales (Hidalgo *et al.*, 2008), como los productos de una reestructuración del sector inmobiliario (Pereira, 2008), que tras nuevas formas de financierización ha ampliado la escala de sus inversiones en la ciudad (De Mattos, 2007; Pereira, 2013; Lencioni, 2014).

El debate en torno a las geografías del comercio en la ciudad contemporánea gira casi que únicamente en torno a los centros comerciales (Zukin, 2010), los que han sido conceptualizados como nuevos espacios privados con características públicas que poseen un cierto potencial para el despliegue de la vida urbana contemporánea (Caprón, 1996). Otras visiones los han definido como edificios cerrados, vigilados y privatizados que potencian la exclusión y segregación social (De Mattos, 2010; Pereira, 2008). Una tercera vía de interpretación, analiza el rol que desempeñan esos nue-

vos espacios del consumo en referencia al comercio tradicional y como estrategias de los agentes inmobiliarios para captar rentas y valorizar sus inversiones, no solamente en el nicho del comercio, sino en el mercado de la vivienda.

Santiago de Chile es un buen laboratorio para reflexionar sobre dichos temas, ya que el enraizamiento de las políticas neoliberales, reescaladas a lo urbano de manera anticipada respecto a otras urbes de la región (Janoschka e Hidalgo, 2014), ha llevado a la masificación de nuevos espacios comerciales, que además de impulsar un proceso de policentrismo metropolitano (De Mattos, 2011), han catalizado la llegada de las clases medias al área central, bajo patrones que algunos han catalogado como propias del urbanismo neoliberal (Theodore *et al.*, 2009).

El propósito del presente artículo es identificar las diferentes geografías comerciales en el Área Metropolitana de Santiago, distinguiendo por un lado, las concentraciones del comercio tradicional —ubicados aún en tiendas, galerías y pasajes—, y por otro, en edificios especializados en actividades comerciales como los *protomalls*¹ (De Simone, 2011), y los *mall*². En primer lugar, se hace un esbozo de las geografías históricas del comercio en la ciudad de Santiago, para luego plantear una metodología basada en un triple análisis morfológico, funcional y estructural de las áreas comerciales en la ciudad de Santiago de Chile entre 1990 y 2010, para finalmente identificar el papel que los *malls* han jugado en los ciclos de urbanización reciente en la ciudad.

2. Relaciones históricas entre geografías comerciales y ciudad

Hacia el siglo X, el afianzamiento de las ciudades medievales occidentales se explica por la ampliación del comercio continental y transcontinental, así como su nexo con actividades industriales artesanales (Pirenne, 1983). Este proceso implicó dos transformaciones espaciales simultáneas: por un lado, el ingreso del comercio —ejercida hasta entonces por vagos errantes— a los espacios intramuros (Lefebvre, 1980); y por otro, la constitución de redes urbanas sumamente dinámicas —en el norte de Italia (repúblicas marinas), y en el mar Báltico (Liga Hanseática)— permitiendo el surgimiento del capitalismo mercantil en Europa (Braudel, 1983) y su posterior expansión urbana continental (Pirenne, 1983). Con el advenimiento del capitalismo industrial y la modernidad, las actividades comerciales en la ciudad europea adquirieron nuevos significados sociales y configuraciones espaciales, distintas al carácter efímero del comercio premoderno —ferias itinerantes, mercados festivos y eventos religiosos— y con un patrón diverso de localización intraurbana (anteriormente cerca de templos o puertas de las ciudades medievales).

Las geografías del comercio de la ciudad moderna inspiraron agudas reflexiones sobre las relaciones sociales que se daban en los nuevos bulevares, mercados, galerías y pasajes, que habían reemplazado a las antiguas plazas y que además eran producto de la acción de agentes inmobiliarios y financieros (Harvey, 2008), involucrados con la extensión de ensanches y la renovación de áreas centrales (Capel, 2005).

Estos nuevos lugares fueron vistos como espacios caracterizados por la alienación y el fetichismo de las mercancías (Benjamin, 1997), donde el papel del dinero, la moda, y la diferenciación social cobraban nuevos significados (Simmel, 2008).

2.1 Geografías comerciales en la ciudad moderna

En términos morfológicos, las áreas comerciales de las ciudades coloniales latinoamericanas eran transitorias y se ubicaban en las plazas mayores (tianguiz coloniales), situación que se transformó radicalmente tras la independencia y los primeros años de la vida republicana, cuando comenzó a emerger un incipiente proceso de modernización urbanística basado en la transposición, siempre limitada, del modernismo francés (Almandoz, 2013). Las galerías, los pasajes y los escaparates empezaron a poblar el paisaje de la nacientes metrópolis latinoamericanas, expresando desde entonces una contradicción entre el espacio público de la calle, como escenario de la vida y heterogeneidad social y el espacio interior privado de las tiendas (Lefebvre, 1980).

Especial mención requiere esta transformación modernista para la ciudad chilena, donde varios han afirmado que el desmembramiento geográfico del comercio premoderno es efecto de los esfuerzos republicanos por controlar la soberanía popular, expresada a través de dispersión de ferias libres y comercios informales (Salazar, 2006).

Avanzando hasta la segunda postguerra, en los nuevos suburbios norteamericanos surgieron nuevas áreas comerciales diseñadas para servir la demanda de los

hogares suburbanos: hipermercados y centros comerciales se articulaban a las autopistas y ya no se emplazaban en las calles o las plazas. Dicho modelo fue implantándose en las urbes europeas durante la década de los sesenta (Capel, 2013) y a finales de esa misma década, comenzó a proliferar en ciertas metrópolis latinoamericanas, en las que la influencia yanqui era relevante, ya fuera por la presencia de las empresas norteamericanas, como en Caracas (Almandoz, 2011), por la temprana y violenta imposición del modelo neoliberal en Santiago de Chile, por un efecto de emulación³ y búsqueda de un nuevo nicho de negocios inmobiliario como en Bogotá (Santana, 2013; Jaramillo, 2009), o como propuesta de planificación regional para servir a los suburbios industriales en proceso de metropolización, como en Belo Horizonte (Hicks, 1975).

El paso de un consumo fordista de bienes, a un consumo postfordista de experiencias (Featherstone, 1991), evidencia el auge del capitalismo postmoderno y su lógica cultural de consumo (Harvey, 1998), proceso que se caracterizaría además en la aparición de centros comerciales, parques temáticos —*disneyficación*—, barrios cerrados, procesos de gentrificación, entre otros fenómenos, que han sido descritos para el contexto anglosajón en obras seminales inspiradas en Los Ángeles (Davis, 1990; Soja, 1996) y Nueva York (Zukin, 1996, 2004; Smith, 1996).

2.2 El contexto latinoamericano y el caso de Santiago de Chile

En el contexto latinoamericano hay varios enfoques sobre la masificación de espacios comerciales postmodernos, tales como los

shopping centers, hipermercados, centros de entretenimiento o los parques temáticos. En un primer enfoque, varios autores aluden a su contribución a la fragmentación del tejido urbano y a un mayor policentrismo (Borsdorf, 2003; Janoschka, 2002; Artigas *et al.*, 2002; Hidalgo *et al.*, 2005; Ciccolella, 2009; Ledgard y Solano, 2011). Inicialmente ubicados en sectores tradicionales de clases altas, los espacios comerciales se han dispersado a los suburbios e incluso a las periferias metropolitanas, convirtiéndose en elementos característicos de la nueva configuración de las regiones urbanas latinoamericanas (De Mattos, 2013).

Un segundo enfoque latinoamericano examina —a veces de manera maniquea— el papel que los nuevos espacios en la experiencia urbana, destacando la artificialidad de su reproducción de ambientes vigilados (Caprón, 1996); su nueva labor como artefactos de urbanidad en contextos carentes (Cáceres *et al.*, 2006), como artefactos de la globalización (De Mattos, 2002) o como una especie de ficción postmoderna del espacio público tradicional, que lleva a una homogeneización, control social, exclusión y segregación social (Caprón, 2008; Duhau y Giglia, 2008; Martínez, 2010);

Un tercer enfoque, orientado a reconocer el espacio comercial como escenario de una arena social en reformulación (García-Canclini, 1995), observan prácticas subversivas de domesticación y apropiación del espacio privado (Stillerman, 2006; Pérez *et al.*, 2012), donde se articulan identidades urbanas remozadas a través del consumo (Salcedo y De Simone, 2013).

En el presente artículo se propone un enfoque alternativo a los espacios de co-

mercio, orientado a identificar producción y reproducción de las geografías comerciales, no únicamente como formas simbólicas sino como estrategias de urbanización que se interconectan con la promoción de otras mercancías inmobiliarias como la vivienda, siendo “*unidades económicas resultantes de masivas inversiones de capital*” (Corrêa, 2007: 48). Así, el despliegue de un sector inmobiliario reestructurado (Pereira, 2013; Lencioni, 2014) a partir de una mayor financierización, sumado a un marco normativo neoliberal, ha permitido redirigir las geografías de la urbanización en las direcciones más atractivas y rentables al sector privado, superando incluso las fronteras nacionales hacia una configuración de estrategias transnacionales de inversión en infraestructura comercial.

3. Análisis de las geografías del comercio en Santiago: del pasaje al mall

Con el propósito de identificar las geografías comerciales de Santiago de Chile se proponen tres tipos de análisis orientados a distintas dimensiones: una morfológica, otra de carácter funcional y una estructural (Lefebvre, 2013), en las que más que aislar cada elemento, se busca dar cuenta de sus relaciones con otras partes y con el todo urbano (Lefebvre, 1970). El primer análisis implica elaborar una descripción morfológica y cualitativa de las tres principales modalidades comerciales a partir de los edificios más representativos en cada modalidad: el pasaje y la galería, el *protomall* de tipo ‘caracol’ y el *mall*. El segundo análisis se orienta a identificar los tipos de funciones asociadas a cada una de ellas; y el último, implica relacionar la distribu-

ción espacial de las diferentes tipologías comerciales con las dinámicas inmobiliarias residenciales durante las últimas dos décadas.

El análisis morfológico parte de la determinación de las características edificatorias de los comercios (Capel, 2005) así como el tipo de trama urbana en el que están insertos tales construcciones (De Simone, 2011). Dicha tarea se llevó a cabo mediante trabajo de campo y observación del parcelario urbano (Whitehand, 1994), en el que se encuentran las galerías y pasajes, los caracoles y los *mall*, así como mediante la recopilación de fuentes secundarias que permiten recomponer las distintas fases o geografías históricas urbanas, a las que se asocian dichas modalidades comerciales.

El análisis funcional partió de tres fuentes de información: el catastro de patentes comerciales por comuna hecho por el Servicio de Impuestos Internos (SII) e información de guías telefónicas, recolectadas en ambas fuentes para los periodos 1992-1993, 2004-2005 y 2009-2010. A partir de las distribuciones espaciales para todas las modalidades de comercio se calcularon: **1)** el Índice de Weaver que contrasta la superficie ocupada por los comercios en relación a un reparto ideal, ofreciendo una medida de especialización; **2)** el Índice del Vecino Más Próximo que mide la concentración o dispersión de las edificaciones comerciales y, **3)** los índices Beta y Gamma que permiten identificar niveles de accesibilidad. Posteriormente y sólo para los centros comerciales, se calcularon los Índice de Davis y Sargent Florence, siendo el primero una medida de centralidad absoluta y, el segundo, un indicador de especialización y diversificación, que compara una

unidad espacial de menor rango con otra mayor.

El análisis estructural se realizó a partir de la espacialización por periodos de las distintas modalidades de áreas comerciales, vinculándolas con los patrones de crecimiento inmobiliario y demográfico en el Área Metropolitana de Santiago entre 1990 y 2010, para identificar las diferentes geografías históricas del comercio y su rol en el proceso de urbanización contemporánea.

3.1 Análisis morfológico: de los pasajes y las galerías del Santiago moderno a los caracoles y malls del Santiago postmoderno

A partir de la propagación de las ideas urbanísticas de la alta modernidad francesa en Santiago de Chile a fines del siglo XIX, principalmente impulsadas por las transformaciones emprendidas por el Intendente Vicuña Mackenna, el Hausman chileno (Almandoz, 2013), se introdujeron en la ciudad nuevas morfologías comerciales mediante la construcción de galerías y pasajes. Ambos formatos comerciales consideraron abrir espacios al interior de las manzanas; las galerías incluyeron materiales como el hormigón, el vidrio y el acero —materiales característicos de la temprana modernidad parisina— mientras que los pasajes fueron remodelaciones interiores de las plantas bajas de los edificios céntricos para la circulación y atravesado al interior de la manzana (Rozas *et al.*, 2015)

Instalados inicialmente en el centro tradicional de la ciudad, pasajes y galerías contribuyeron a la densificación de la trama colonial, ayudando a captar los aumen-

tos en las rentas del suelo producidas por las remodelaciones urbanas (Rozas *et al.*, 2015). Avanzado el siglo XX, ambos formatos han visto amplias modificaciones que han permitido mantener el dinamismo funcional del centro histórico (Figura 1). Construyendo subterráneos y más recientemente introduciendo grandes cadenas comerciales chilenas, pasajes y galerías mantienen cierto dinamismo, sin embargo y a pesar de cómo lo observan Rozas *et al.* (2015), los pisos superiores de los edificios que los albergan dan ciertas muestras de decaimiento y abandono.

Los pasajes difícilmente traspasaron las fronteras del centro histórico, siendo construidos algunos pocos ya en el siglo XX, en comunas como Providencia y Las Condes. Corresponden a una modalidad comercial propia de la ciudad compacta y de un urbanismo afrancesado. Entre los años cuarenta y sesenta se produjeron los primeros indicios de expansión comercial fuera del centro histórico de Santiago —al sur y al oriente del mismo— principalmente, mediante la construcción de galerías y patios en los nuevos desarrollos. A partir de la implantación del modelo neoliberal los setentas, que impulsaría procesos de desregulación de la normativa urbana, de liberalización del mercado del suelo urbano, de privatización de los servicios públicos (Janoschka e Hidalgo, 2014) y de apertura económica, se produjo la consolidación de nuevas centralidades comerciales. Se crearon formatos híbridos, como los primeros caracoles y *malls*: el primero, una modalidad de *protomall* que surgió a partir de una innovación arquitectónica chilena y el segundo, importando a la usanza suburbana norteamericana (Salcedo y De Simone, 2013).

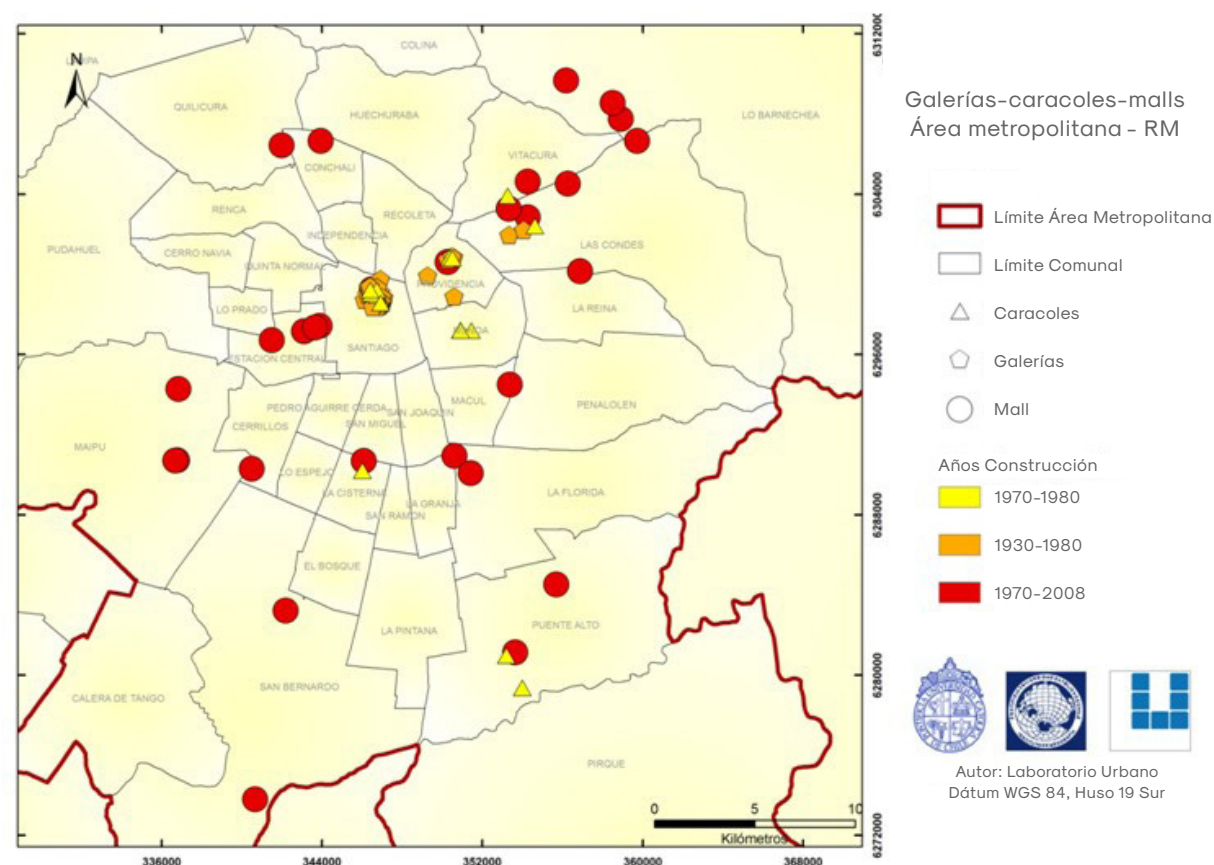


Figura 1. Diferentes tipologías comerciales en Santiago de Chile.
Fuente: elaboración propia, a partir de trabajo en campo

Los *protomalls* son edificios comerciales helicoidales en los que el espacio de circulación se eleva en una espiral de vitrinas en torno a un vacío central (De Simone, 2011; Rozas *et al.*, 2015); pueden ser conceptualizados como un eslabón a medio camino entre el pasaje —ya que suelen contar con accesos a distintas calles— y el *mall* —con un uso del espacio aún más intensivo, pero todavía orientado más al peatón que al propietario de auto particular. Una de sus principales características se centra en el ‘vacío sociabilizador’ que los proyectos propusieron, en torno al cual

las rampas helicoidales ascendentes se articularon como balcones, siendo usados intensamente por jóvenes de la época como lugar de reunión. Fueron instalados entre los setenta y ochenta en las primeras subcentralidades comerciales como la Avenida Irarrázaval en la comuna de Ñuñoa o en la actual avenida Nueva Providencia y avenida Providencia, en la comuna del mismo nombre, o en comunas residenciales de clase alta como Las Condes y Vitacura o de clases populares como La Cisterna o Puente Alto (Figura 1).

Cabe destacar que el éxito urbanístico de los proyectos comerciales tipo *protomall* se podría explicar gracias a su asociación con la construcción de nueva infraestructura de transporte público, como el proyecto Nueva Providencia y la Línea 1 del Metro. Ambos proyectos buscaron la recuperación de plusvalías al incluir normativas que exigieron la habilitación de espacios públicos y pasos peatonales por parte de inversionistas privados (Sabatini y Arenas, 2000).

Lo que terminó por acentuar la tendencia policéntrica del comercio fue la construcción de los *malls*. El primero de ellos, el Parque Arauco, ubicado en la comuna de clase alta de Las Condes, fue construido por inversionistas brasileños —producto del temprano proceso de apertura chilena— al puro estilo yanqui con un edificio central en forma de caja de zapatos rodeado por una gran cantidad de plazas de estacionamiento (Salcedo y De Simone, 2013). La masificación del formato *mall* se dio durante los noventa en pleno retorno a la democracia y los discursos sobre ellos van desde la crítica a su carácter excluyente y privatizador, a su activa defensa —por parte de los empresarios inmobiliarios. Más aún, en la literatura reciente se tiende a señalar que son espacios con potencial para ser reapropiados socialmente a través de prácticas cotidianas (Stillerman y Salcedo, 2010), o que son artefactos que han asumido funciones democráticas y públicas —instalación de bibliotecas o centros educativos— (Cáceres *et al.*, 2006), o que han sido sujetos de un proceso de innovación e integración a la ciudad a partir del ‘*Demalling*’ —proceso de eliminación paulatina de las características herméticas del *mall* a través de su

articulación a la ciudad mediante la apertura de puertas y bulevares— (Salcedo y De Simone, 2013). No obstante, el último hecho es una excepción más que la regla en Santiago, por lo que solamente es posible encontrar ejemplos en el Parque Arauco, en donde se llevó a cabo una apertura peatonal o el *mall* Plaza Vespucio ahora integrado no sólo a las líneas 4 y 5 del metro, sino también a la terminal de buses interurbanos. En este sentido, esta forma de integración podría considerarse una contribución, aunque por ahora limitada, a una mayor sustentabilidad del espacio urbano circundante.

3.2 Análisis funcional: del policentrismo al retorno a las áreas centrales

A partir de la distribución de locales comerciales —en todas las modalidades constructivas— identificados y georreferenciados a partir de patentes y guías telefónicas, se obtuvieron tres mapas de densidades (Figuras 2, 3 y 4). Es posible destacar que la comuna de Santiago sigue siendo el primer clúster comercial del área metropolitana, que se extiende de manera continua hasta la comuna de Recoleta (en ambas, dicha actividad ocupa un 56 y un 16 %, respectivamente, de las patentes de la ciudad en 2009), manteniendo ese carácter durante las dos últimas décadas, junto a otras funciones administrativas de rango nacional —la sede del gobierno, los ministerios y otras instituciones gubernamentales— y de servicios financieros.

Sin embargo, el eje comercial de la comuna de Providencia, la primera centralidad comercial alternativa fuera del área central de la ciudad, se ha ido consolidando

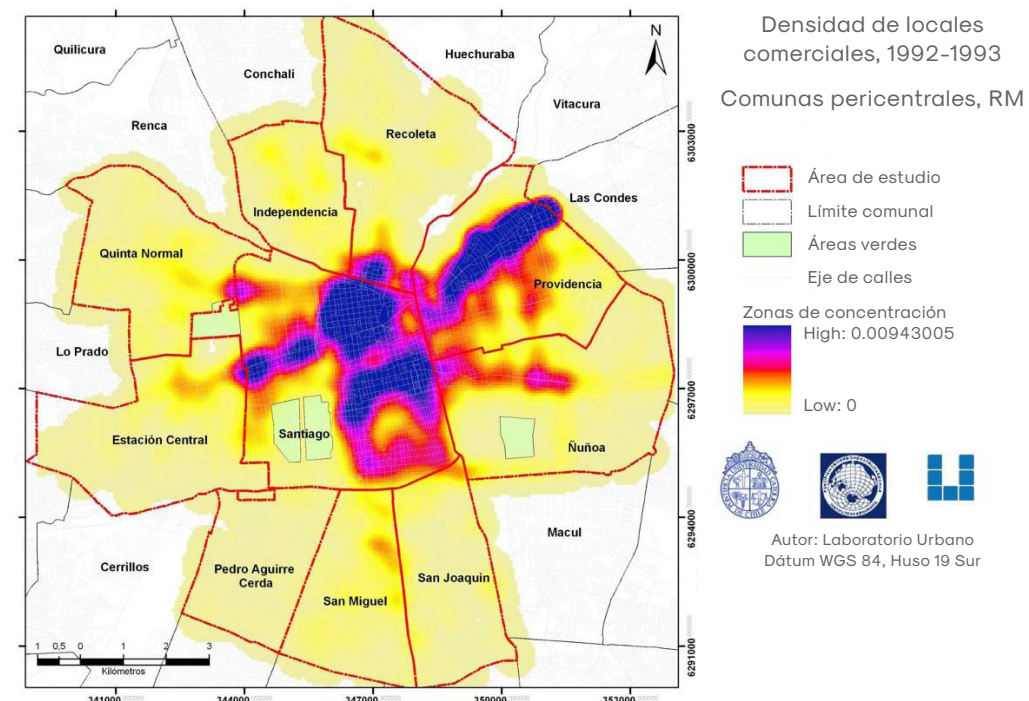


Figura 2. Densidades comerciales Santiago de Chile en 1992-1993.

Fuente: elaboración propia con datos de guías telefónicas

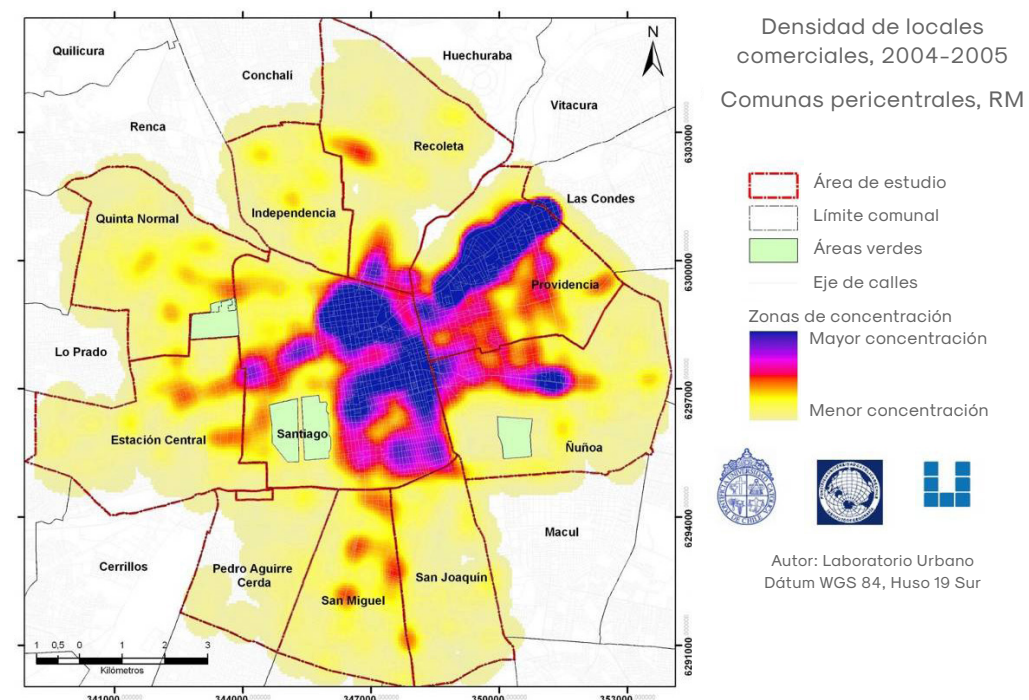


Figura 3. Densidades comerciales Santiago de Chile en 2004-2005.

Fuente: elaboración propia con datos de guías telefónicas

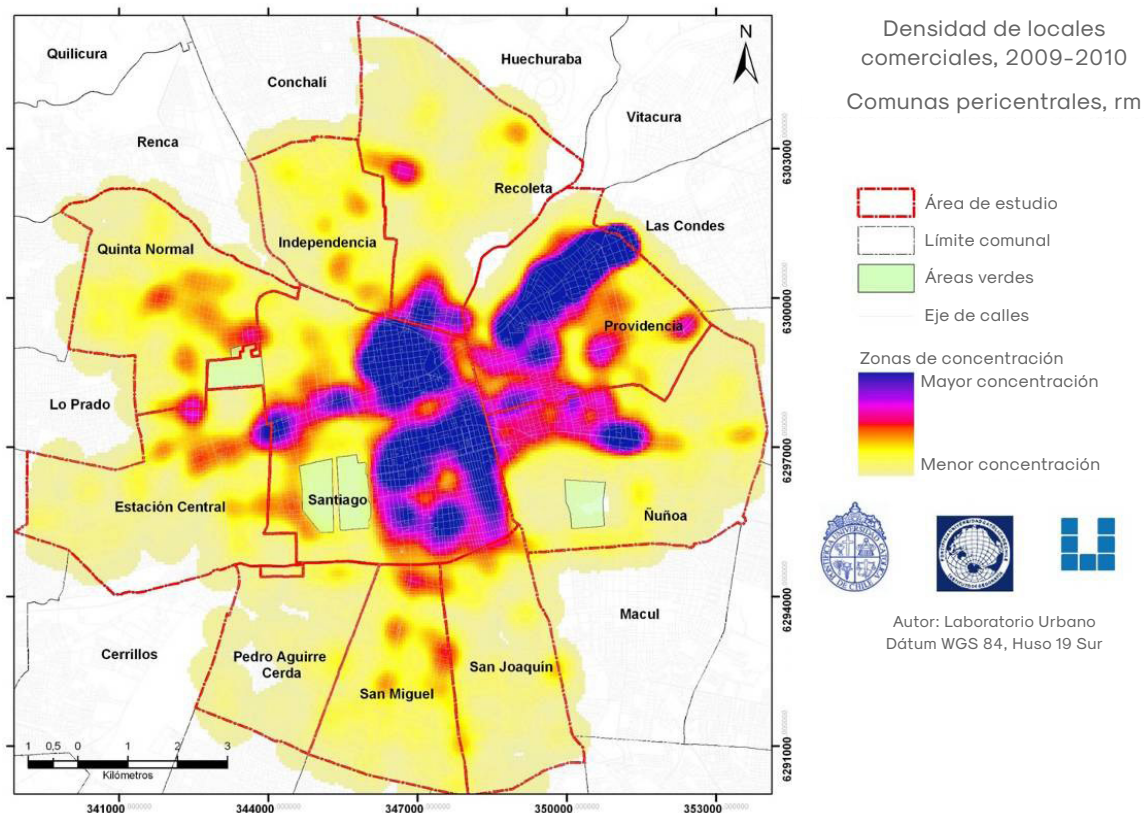


Figura 4. Densidades comerciales Santiago de Chile en 2009-2010. Fuente: elaboración propia con datos de guías telefónicas

como el segundo clúster con un 15 % de las patentes comerciales, en un proceso ligado al desdoblamiento del *Central Business District* (CBD) en el que las funciones de comando asociadas con el sector de servicios avanzados y de las altas finanzas han pasado a concentrarse en el sector de El Golf—una zona residencial tradicional de clase alta—, conocida recientemente como *Sanhattan*, denominación hecha con un cierto tono sarcástico que igual expresa la creciente centralización de funciones de comando de alcance global en la ciudad.

Aunque comunas pericentrales como Pedro Aguirre Cerda, San Joaquín y Ñu-

ñoa cuentan con clústers comerciales de menores dimensiones con una participación entre 2 y 5 %, e incluso en otras como Estación Central, San Miguel e Independencia, ésta alcanza niveles muy bajos—de 0,2 a 0,9 %—, la tendencia entre 2005 y 2010 demuestra que han surgido nuevas centralidades comerciales en esas comunas, con una especie de configuración insular que corresponde esencialmente a la implantación de *malls* (Figura 1), estructurando así una geografía del comercio marcadamente policéntrica.

Por un lado, el índice de Weaver revela que la comuna de Providencia presenta el

mayor nivel de especialización de las patentes comerciales y de servicios profesionales en el año 2009 (Cuadro 1), distribuidos a lo largo de las avenidas Providencia y Nueva Providencia. Quinta Normal, Estación Central, Recoleta, San Miguel e Independencia muestran cierta especialización comercial, mientras que comunas como San Joaquín, Ñuñoa y Santiago son comunas poco especializadas pero diversificadas, en las que el comercio va acompañado de funciones industriales, de servicios profesionales y de comando gubernamental y financiero, respectivamente. Por otro lado, los índices del Vecino más Cercano, Beta y Gamma, señalan que la concentración y la conectividad se reparten desigualmente;

sin embargo, hay una correlación importante—de 0,55— entre las comunas menos especializadas y las que presentan una mayor concentración de las instalaciones comerciales, mientras que la conectividad tiende a aumentar en las zonas de mayor diversificación—correlaciones⁴ de -0,26 y -0,33— (Cuadro 1).

Los indicadores analizados revelan que las áreas comerciales tradicionales del centro a la ciudad—pasajes y galerías, tiendas y almacenes individuales y ferias— siguen activas junto a otras funciones de comando centralizadas en el tradicional CBD en la comuna de Santiago. Sin embargo, demuestran también el reforzamiento de la centralidad comercial en Providencia articulada

Cuadro 1. Índices de especialización, concentración y conectividad. Fuente: elaboración propia con datos del SII (2009)

Comuna	Índice de Weaver	Índice del vecino más cercano	Índice Beta	Índice Gamma	Nivel de especialización-diversificación	Tipo
Providencia	12,13	0,25	1,52	0,51	Muy especializada	Comercio y servicios profesionales
Quinta Normal	126,41	0,37	1,49	0,5	Muy especializada	Comercio
Estación Central	216,89	0,33	1,48	0,5	Especializada	Comercio
Recoleta	235,95	0,33	1,47	0,49	Especializada	Comercio
San Miguel	376,43	0,44	1,58	0,53	Especializada	Comercio
Independencia	398,44	0,28	1,54	0,51	Especializada	Comercio
San Joaquín	1.047,19	0,44	1,42	0,47	Poco especializada y diversificada	Comercio, industria servicios profesionales
Ñuñoa	1.063,81	0,42	1,41	0,47	Poco especializada y diversificada	Comercio y servicios profesionales
Santiago	1.225,1	0,34	1,56	0,52	Poco especializada y diversificada	Comercio, servicios profesionales y otras funciones del terciario avanzado

al nuevo CBD y en Ñuñoa, ambos casos dos subcentralidades menores en la década de los setenta —en las que predominaban los caracoles y de tiendas dispuestas individualmente en las principales avenidas⁵—, pero que se han ido consolidando como centralidades de alcance metropolitano. Otra tendencia, paralela a la anterior es a la creación de subcentralidades comerciales en casi toda el Área Metropolitana de Santiago, lo que ha permitido una mayor especialización comercial a comunas pericentrales y periféricas, ya no mediante la instalación de caracoles y tiendas individuales en grandes avenidas —muchos

de ellos han renovado sus funciones, como ocurre con los primeros que suelen ser un lugar de consumo y sociabilidad de tribus urbanas—, sino mediante la proliferación de *malls* bajo lógicas de un ‘urbanismo de retail’.

Los centros comerciales en el caso de Santiago de Chile, cuentan no sólo con tiendas o locales de entretenimiento, sino con instalaciones para servicios financieros, e incluso de salud y educación. Un catastro de tales servicios hecho en terreno permitió calcular el Índice de Centralidad de Davies asociado a cada *mall* (Figura 5) obteniendo resultados que sugieren, al menos

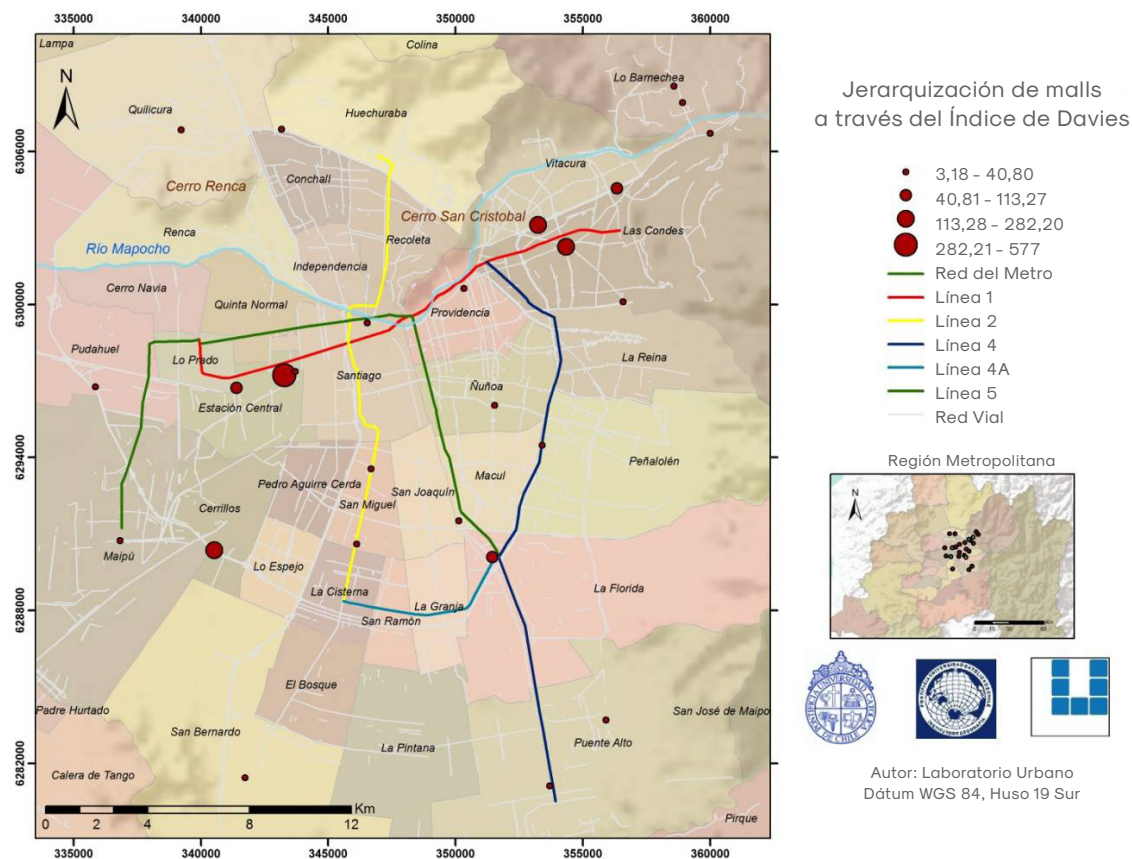


Figura 5. Niveles de centralidad de los malls en el Área Metropolitana de Santiago. Fuente: elaboración propia a partir de datos del Censo del Comercio y catastro en terreno

para el caso analizado, la poca pertinencia del argumento que sostiene que el *mall* es un sustituto postmoderno pero eficaz de la calle, de los equipamientos de entretenimiento y de prestación de servicios básicos. Por un lado, sólo 4 *malls* ostentan índices altos —de entre 147 y 577— que responden a circunstancias muy diversas: el más central, el Paseo Estación se encuentra en una zona de comercio tradicional y popular con un alto flujo de población flotante —se encuentra en adyacencias al terminal de transportes—, Plaza Oeste que es un *mall* construido para satisfacer la demanda de Maipú, un dinámico núcleo residencial

de ingresos medios bajos, mientras que los centros comerciales Parque Arauco y Apumanque fueron de los primeros en su tipo en la ciudad y en la zona residencial de altos ingresos del nororiente.

Los demás *malls* cuentan con bajos niveles de centralidad, lo que implica la necesidad de realizar múltiples prácticas cotidianas de desplazamiento en búsqueda de acceso a servicios, que tienden a ser más diversos en las áreas pericentrales y periféricas, que en las centrales en donde son más especializados como lo sugiere el Índice de Sargent Florence (Figura 6). Los *malls* de la zona nororiente tienden a com-

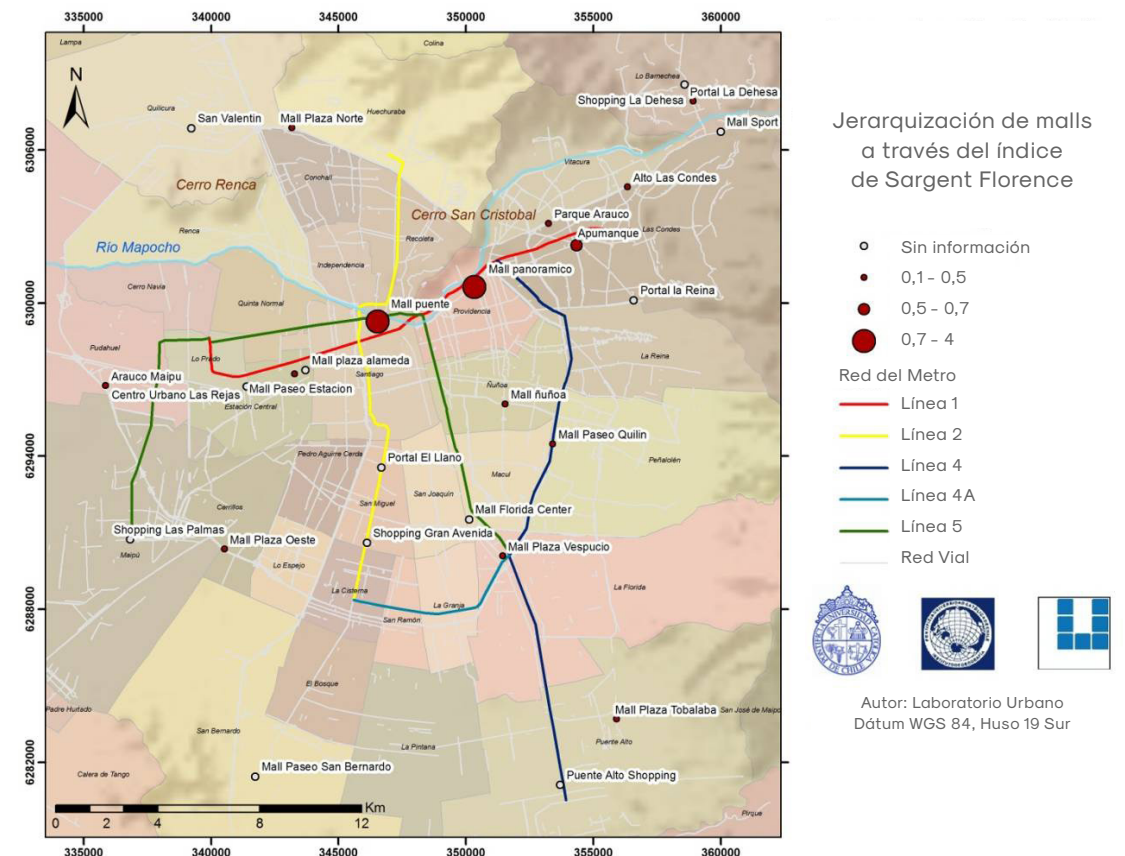


Figura 6. Jerarquización funcional de los malls en el Área Metropolitana de Santiago. Fuente: elaboración propia a partir de datos del Censo del Comercio y catastro en terreno

gentrificación se ha producido un movimiento inverso hacia el centro (Figura 7).

Más aun, los *malls* han sido parte de una estrategia de promoción inmobiliaria más amplia que incluye también la construcción de edificios residenciales o de oficinas, encaminada a la revalorización de las comunas del área central, ya sea aprovechando el dinamismo del comercio tradicional —desde las galerías, los pasajes o el comercio popular como en las comunas de Santiago y Estación Central— o creando nuevas centralidades comerciales como en el caso de las comunas de Providencia, Ñuñoa y Quilín.

4. Conclusiones

La mayoría de los pasajes y las galerías siguen siendo lugares muy concurridos en el centro histórico, los ya antiguos caracoles aún reciben muchos visitantes sobre todo en comunas como Providencia y Ñuñoa, e incluso el comercio tradicional al por menor ha resistido la competencia cercana de los *malls*. Estos últimos han seguido siendo construidos bajo el modelo norteamericano, incorporando solamente modificaciones tendentes a intensificar el uso del espacio con estacionamientos subterráneos o la instalación de fachadas verdes que brindan otra ficción aparte de la del espacio público: la de la sustentabilidad.

El análisis hecho revela ciertas relaciones entre el despliegue del capital inmobiliario y financiero y las lógicas del comercio al por menor; sin embargo, es necesario profundizar en dicha línea de investigación, en especial en las estrategias concretas que asumen los agentes involucrados en el ‘urbanismo de *retail*’, que alude al conjunto de normativas, programas y

facilidades, ya sean de común conocimiento o de acuerdos tácitos entre las partes, que habrían promovido una organización estratégica de las estructuras de *retail* y comercio minorista en la ciudad de Santiago de Chile durante el último cuarto del siglo XX. Organizadas en base a ‘sistemas comerciales’ (De Simone, 2011; Salcedo y De Simone, 2013), los diversos tipos comerciales que componen la tipología del sector, habrían fungido en lógicas de organización espacial y zonificación cercanas a las premisas de la planificación urbana, aun cuando sus causas y perspectivas hayan sido más bien dispares y de controvertidos efectos en el funcionamiento, valoración y sustentabilidad de la ciudad. Es decir, los operadores de *retail* actúan con herramientas del diseño urbano, generando calles, cerrando avenidas, alargando estaciones de metro, reformulando trazados de transporte público, impactando la valorización de los terrenos colindantes, generando conflictos metropolitanos de movilidad, y, por supuesto, detonando, sino viabilizando, proyectos inmobiliarios de residencia e infraestructura privada educacional y/o sanitaria.

A pesar de la coexistencia y el dinamismo de múltiples tipos de áreas comerciales en Santiago de Chile, son los *malls* los de mayor difusión. Ello ocurre, no necesariamente porque sean sustitutos eficaces del espacio público o de la centralidad urbana o porque efectivamente la gente los reapropie a partir de múltiples prácticas cotidianas, sino porque la marcada concentración y centralización del capital inmobiliario, financiero y comercial local favorece su construcción en conjunto con otras edificaciones residenciales o de servicios, por

lo que las cambiantes geografías de los centros comerciales revelan las estrategias cíclicas de la urbanización contemporánea santiaguina: explosión e implosión de lo urbano (Lefebvre, 1980) se entremezclan, suburbanización y gentrificación, extensión de los *malls* a la periferia metropolitana y luego la colonización del centro histórico, junto con el reconocimiento de la industria del ocio (Lefebvre, 2013), como motor de la producción de lo urbano en la experiencia cotidiana.

5. Notas

1. En esta categoría se incluyen proyectos construidos entre 1940 y 1980, los cuales presentan características híbridas entre la galería y el *mall*, tales como los caracoles o edificios helicoidales
2. Junto a *shopping center*, son anglicismos que se refieren al centro comercial, cuya masificación revela el origen de dicha modalidad constructiva.
3. El centro comercial Unicentro fue construido en 1979 por un empresario inmobiliario colombiano quien, tras viajar a Estados Unidos e identificar la potencialidad del centro comercial como nicho de negocio, decidió probar el modelo en Bogotá.
4. Corridas entre el Índice de Weaver y los Beta y Gamma.
5. Providencia y Nueva Providencia, así como Irarrázabal, respectivamente.

Este trabajo es parte de los resultados del proyecto FONDECYT 1095222 ‘Las transformaciones de las áreas centrales: reestructuración comercial y elitización (gentrificación) residencial. El caso de Santiago, Valparaíso y Viña del Mar’ y se inserta en las actividades del Proyecto CONICYT/FONDAP/15110020.

6. Referencias citadas

- ALMANDOZ, A. 2011. "El imaginario de la ciudad venezolana: de 1958 a la metrópoli parroquiana. Aproximación desde la historia cultural urbana". *Cuadernos de Geografía, Revista Colombiana de Geografía*, 20(1):9-20.
- ALMANDOZ, A. 2013. *Modernización urbana en América Latina. De las grandes aldeas a la metrópolis masificadas*. Universidad Católica de Chile, Colección Estudios Urbanos UC. Santiago de Chile, Chile.
- ARTIGAS, A.; CHABALGOITY, M.; GARCÍA, A.; MEDINA, M. y J. TRINCHITELLA. 2002. "Transformaciones socio-territoriales del Área Metropolitana de Montevideo". *EURE*, 28(85). Disponible en: <http://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/1247>. [Consulta: septiembre, 2014].
- BENJAMIN, W. 1997. *Charles Baudelaire. A Lyric Poet in the Era of High Capitalism*. Verso. Londres, Reino Unido.
- BORSODORF, A. 2003. "Cómo modelar el desarrollo de la ciudad latinoamericana". *EURE*, 29(86): 37-49.
- BRAUDEL, F. 1983. *Civilization and Capitalism 15th-18th Century. Volumen II: The Wheels of Commerce*. Williams Collins & Sons. Londres, Reino Unido.
- CÁCERES, G; SABATINI, F.; SALCEDO, R y L. BLONDA. 2006. "Malls en Santiago: luces y claroscuros". *ARQ (Santiago)*, 62: 48-73.
- CAPEL, H. 2005. *La morfología de las ciudades. Tomo II, Aedes facere: técnica, cultura y clase social en la construcción de edificios urbanos*. Ediciones del Serbal. Barcelona, España.
- CAPEL, H. 2013. *La morfología de las ciudades. Tomo III: Agentes urbanos y mercado inmobiliario*. Ediciones del Serbal. Barcelona, España.
- CAPRON, G. 1996. *La ville privée: les shopping centers à Buenos Aires*. Universidad Toulouse-2. Le Mirail, Francia. Tesis de Doctorado.
- CAPRÓN, G. 2008. Urbanidad y modernización del comercio: un análisis a partir del caso de los shopping centers en Buenos Aires. VI Encuentro de Geógrafos de América Latina. Buenos Aires, Argentina. (17 al 21 de marzo, 1997). Disponible en: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/>. [Consulta: septiembre, 2014].
- CASGRAIN, A. 2014, "Gentrificación empresarial en el centro de Santiago: contradicciones en la producción del espacio residencial". En: R. HIDALGO y M. JANOSCHKA (eds.), *La ciudad neoliberal. Gentrificación y exclusión en Santiago de Chile, Buenos Aires, Ciudad de México y Madrid*. pp. 59-73. Pontificia Universidad Católica de Chile/Geolibros. Santiago de Chile, Chile.
- CICCOLELLA, P. 2009. "Transformaciones recientes en las metrópolis latinoamericanas". En: Jorge BLANCO et al. (eds.). *Geografía. Nuevos temas, nuevas preguntas. Un temario para su enseñanza*. pp. 125-142. Editorial Biblos. Buenos Aires, Argentina.
- CONTRERAS, Y. 2011. "La recuperación urbana y residencial del centro de Santiago: Nuevos habitantes, cambios socioespaciales significativos". *EURE*, 37(112): 89-113.
- CORREA, L. 2010. *Formas simbólicas e espaço. Algumas considerações*. Documento de trabajo CNPq Processo nº 301.185/2007-7. Rio de Janeiro, Brasil.
- DAVIS, M. 1990. *City of Quartz. Excavating the Future in Los Angeles*. Verso. Nueva York, Estados Unidos.
- DE MATTOS, C. 2002. "Transformación de las ciudades latinoamericanas. ¿Impactos de la globalización?". *EURE*, 28(85). Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612002008500002. [Consulta: mayo 25, 2015].
- DE MATTOS, C. 2007. "Globalización, negocios inmobiliarios y transformación urbana". *Nueva Sociedad*, 212: 82-96.
- DE MATTOS, C. 2010. *Globalización y metamorfosis urbana en América Latina*. OLACCHI/MDMQ. Quito, Ecuador.
- DE MATTOS, C. 2011. "Santiago de Chile, de ciudad a región urbana". En: C. de MATTOS, W. LUDEÑA, L. FUENTES (eds.). *Lima-Santiago. Reestructuración y cambio metropolitano*. pp. 181-208. Universidad Católica de Chile, Colección Estudios Urbanos. Santiago de Chile, Chile.
- DE MATTOS, C. 2013. "Reestructuración económica y metamorfosis en América Latina: de la ciudad a la región urbana". En: J. NOYOLA, C. de MATTOS y A. ORELLANA (eds.). *Urbanización en tiempos de crisis. Impactos, desafíos y propuestas*. pp. 13-43. UANL/FARQ/RIDEAL/UC. Santiago de Chile, Chile.
- DE SIMONE, L. 2011. *Evoluciones, e hibridaciones de las tipologías comerciales en Santiago de Chile. 1960-2010. Lecciones urbanas desde el caracol modernista al mall periurbano*. Instituto de Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile. Tesis de Magister en Desarrollo Urbano.
- DUHAU, E y A. GIGLIA. 2008. *Las reglas del desorden. Habitar la metrópoli*. Siglo XXI Editores/UAM Azcapotzalco. México DF, México.
- FEATHERSTONE, M. 1991. *Consumer Culture and Postmodernism*. SAGE Publications. Londres, Reino Unido.
- GARCÍA CANCLINI, N. 1995. *Consumidores y ciudadanos: Conflictos culturales de la globalización*. Grijalbo. Ciudad de México, México.
- HARVEY, D. 1998. *La condición de la posmodernidad. Investigación sobre los orígenes del cambio cultural*. Amorrortu Editores. Buenos Aires, Argentina.
- HARVEY, D. 2008. *París. Capital de la modernidad*. Akal. Madrid, España.
- HARVEY, D. 2012. *El enigma del capital y las crisis del capitalismo*. Akal. Madrid, España.

- HICKS, J. 1975. "Centros comerciales y descentralización metropolitana". *EURE*, 4(11): 113-129.
- HIDALGO, R. 2013. "La transformación de las áreas centrales en América Latina: agentes inmobiliarios y nueva morfología urbana en el caso de Santiago de Chile". Em: Paulo Pereira (ed.), *Negócios imobiliários e transformações sócio-territoriais em cidades da América Latina*. 23-31. CNPQ/USP/PUC/CONICIT. São Paulo, Brasil.
- HIDALGO, R, BORSODORF, A. y SÁNCHEZ, R. 2005. "La expansión residencial amurallada en la configuración metropolitana de Santiago de Chile". En: C. de MATTOS y R. HIDALGO (eds.), *Santiago de Chile. Movilidad espacial y Reconfiguración Metropolitana*. 117-136. Geolibros/IEUT. Eure Libros. Santiago de Chile, Chile.
- HIDALGO, R.; BORSODORF, A. y H. ZUNINO. 2008. "Las dos caras de la expansión residencial en la periferia metropolitana de Santiago de Chile: precariópolis estatal y privatópolis inmobiliaria". En: P. PEREIRA y R. HIDALGO (eds.), *Producción inmobiliaria y reestructuración metropolitana en América Latina*. 167-190. FAUSP/USP/Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- HIDALGO, R., ARENAS F., SÁNCHEZ, R. y WOLKER, P. 2014. "La macrozona urbana central chilena. Dudas sobre su sostenibilidad y vulnerabilidad". En: Peter BRAND, Rodrigo HIDALGO, Jhon MONTOYA y Leonel PÉREZ (eds.) *Metropolizaciones Colombia-Chile: experiencias en Concepción, Medellín, Bogotá y Santiago*. 11-26. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- JANOSCHKA, M. 2002. "El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización". *EURE*, 28(85): 11-29.
- JANOSCHKA, M y R. HIDALGO. 2014. "La ciudad neoliberal: estímulos de reflexión crítica". En: R. HIDALGO y M. JANOSCHKA (eds.), *La ciudad neoliberal. Gentrificación y exclusión en Santiago de Chile, Buenos Aires, Ciudad de México y Madrid*. 7-32. Pontificia Universidad Católica de Chile/Geolibros. Santiago de Chile, Chile.
- JARAMILLO, S. 2009. *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano*. Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia.
- LEFEBVRE, H. 1970. *Lógica dialéctica, lógica formal*. Siglo XXI Editores. Madrid, España.
- LEFEBVRE, H. 1980. *La revolución urbana*. Tercera edición. Alianza Editorial. Madrid, España.
- LEFEBVRE, H. 2013. *La producción del espacio*. Capitan Swings. Madrid, España.
- LEDGARD, R. y A. SOLANO. 2011. "Lima: transformaciones en la estructura e imagen de la metrópolis, situación actual y perspectivas". En: C. de MATTOS, W. LUDEÑA y L. FUENTES (eds.), *Lima-Santiago. Reestructuración y cambio metropolitano*. 24-44. Universidad Católica de Chile, Colección Estudios Urbanos UC. Santiago de Chile, Chile.

- LENCIONI, S. 2014. "Reestruturação imobiliária: uma análise dos processos de concentração e centralização do capital no setor imobiliário". *EURE*, 40(120): 29-47.
- MARTÍNEZ, J. 2010. "Leyendo el paisaje. Lecturas del ordenamiento del espacio en el centro comercial Gran Estación, Bogotá, Colombia". *Cuadernos de Geografía, Revista Colombiana de Geografía*, 19: 59-75.
- MILLER, D. 1995. "Shopping, Place and Identity". *Annual Review of Anthropology*, 24: 141-161.
- PAULSEN, A. 2014. "Negocios inmobiliarios, cambio socioespacial y contestación ciudadana en Santiago Poniente". En: R. Hidalgo y M. JANOSCHKA, (eds.), *La ciudad neoliberal. Gentrificación y exclusión en Santiago de Chile, Buenos Aires, Ciudad de México y Madrid*. 75-98. Pontificia Universidad Católica de Chile/Geolibros. Santiago de Chile, Chile.
- PEREIRA, P. 2008. "Produção imobiliária e crise da cidade na emergência de uma nova forma de metrópole na América Latina". En: P. PEREIRA y R. HIDALGO (eds.), *Producción inmobiliaria y reestructuración metropolitana en América Latina*. 55-65. FAUSP/USP/Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- PEREIRA, P. 2013. "Agentes imobiliários, e reestruturação: interesses e conflitos na construção da cidade contemporânea". Em: P. PEREIRA (ed.), *Negócios imobiliários e transformações sócio-territoriais em cidades da América Latina*. 23-31. CNPQ/USP/PUC/CONICIT. São Paulo, Brasil.
- PIRENNE, H. 1983. *Las ciudades de la Edad Media*. Sexta edición. Alianza Editorial. Madrid, España.
- PEREZ, M; SALCEDO, R. y G. CÁCERES. 2012. "Apropiación y control social en un centro comercial de Santiago: prácticas socioespaciales y significaciones adolescentes". *EURE*, 38(113): 53-75.
- OZAS, J; HIDALGO, R. y C. HERMOSILLA. 2015. *Los pasajes y galerías comerciales en la configuración del espacio central en la ciudad de Santiago de Chile (siglos XIX y XX)*. [En prensa].
- SABATINI, F y F. ARENAS. 2000. "Entre el Estado y el mercado: resonancias geográficas y sustentabilidad social en Santiago de Chile". *EURE*, 26(79): 95-113.
- SANTANA, D. 2013. *Precariópolis y privatópolis en la región metropolitana de Bogotá (1990-2010). Un análisis socioespacial de los barrios cerrados*. Departamento de Geografía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Tesis de Maestría.
- SALAZAR, G. 2006. *Ferías libres: Espacios residuales de soberanía popular*. Sur editores. Santiago de Chile, Chile.
- SALCEDO, R. y L. DE SIMONE. 2013. Una crítica estática para un espacio en constante renovación: El caso del mall en Chile. *Atenea (Concepción)* 507. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-04622013000100008&script=sci_arttext. [Consulta: septiembre, 2014].

- SIMMEL, G. 2008. *The philosophy of Money*. Routledge. Londres, Reino Unido.
- SMITH, N. 1996. *The new urban frontier. Gentrification and the revanchist city*. Routledge. Nueva York, Estados Unidos.
- SOJA, E. 1996. *Thirdspace. Journeys to Los Angeles and other Real-and-Imagined Places*. Blackwell Publishing. Cambridge, Estados Unidos.
- STILLERMAN, J. 2006. "Private, parochial and public realms in Santiago, Chile's retail sector". *City & Community*, 5(3): 293-316.
- STILLERMAN, J y R. SALCEDO. 2010. "Es mucho más que comprar...Discursos y prácticas espaciales cotidianas en Malls de Santiago". *Estudios avanzados*, 13: 79-103.
- THEODORE, N; PECK, J y N. BRENNER. 2009. "Urbanismo neoliberal: la ciudad y el imperio de los mercados". *Temas Sociales*, 66: 1-11.
- WHITEHAND, J. 1994. "Development cycles and urban landscapes". *Geography*, 79 (1): 3-17.
- YAÑEZ, G.; REHNER, J. y O. FIGUEROA. 2010. "Redes empresariales e informales en el mercado inmobiliario de Santiago de Chile". *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 14, 331 (91). Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-331/sn-331-91.htm> [Consulta: octubre, 2014].
- ZUKIN, S. 1996. *The cultures of cities*. Wiley & Sons. Nueva York, Estados Unidos.
- ZUKIN, S. 2004. *Point of Purchase. How shopping changed American culture*. Routledge. Nueva York, Estados Unidos.
- ZUKIN, S. 2010. *Naked City: The Death and Life of Authentic Urban Places*. Oxford University Press. New York, Estados Unidos.

Lugar y fecha de culminación:
Santiago de Chile, mayo 2015

Estudio paleosísmico

en la traza activa de la falla El Ávila, Santa Rosa, Caracas, Venezuela

Paleoseismic studies in the active trace of El Ávila fault, Santa Rosa, Caracas, Venezuela

Luz M. Rodríguez

Reinaldo Ollarves

Franck Audemard

André Singer

Sirel Colón

Chantal Miró

Hewart Viète

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).
Departamento de Ciencias de la Tierra,
Caracas, Venezuela
lrodriguez.funvisis@gmail.com

Resumen

El sitio de trinchera se ubica en Santa Rosa, al este de Caracas. En este sector, la falla corta una secuencia de depósitos de ladera adosados al pie del macizo del Ávila, y presenta evidencias de movimiento de tipo transcurrente dextral con componente normal. La datación ^{14}C de los marcadores de fallamiento obtenidos en la trinchera, estima que el período de retorno del sismo estaría en el orden de 3.200-3.500 años de magnitud máxima probable de 6,9 Mw, con una tasa de velocidad de desplazamiento promedio de 0,3 mm/año. La traza activa de la falla se encuentra sellada por depósitos de flujos torrenciales que no han sido deformados desde la ocurrencia del evento paleosísmico más reciente datado en 2.700 años antes del presente (750 años AC). La datación ^{14}C de la secuencia de estos flujos torrenciales arroja un período de retorno de los mismos en el orden de 400 a 500 años. Es decir han transcurrido un poco más de 500 años desde el último evento datado.

Palabras clave: falla El Ávila; historia paleosísmica; amenaza sísmica; Caracas.

Abstract

The site of trench is located in Santa Rosa, to the east of Caracas. In this sector, the fault's active trace cuts a sequence of colluvial deposits contiguous to the foot of the Ávila, and presents evidence of transcurrent dextral movement with normal component. Based on the ^{14}C dating of the fault markers obtained in the trench, it is estimated that the seism period of return is within the range of 3200-3500 years with earthquakes of 6.9 Mw probable maximum magnitude and the fault's movement speed average of 0.3 mm/year. The fault's active trace has been sealed by deposits of torrential flows that have not been deformed since the most recent paleoseismic event dated at 2700 years before the present (750 years BC). The ^{14}C dating of these flows sequence suggests a return period about 400 to 500 years. In other words, barely over 500 years have passed since this last dated event.

Key words: El Ávila fault; paleoseismic history; seismic hazard; Caracas.

1. Introducción

La distribución espacial de los epicentros de los sismos históricos e instrumentales registrados en Venezuela atestigua que las principales ciudades del país se encuentran construidas en zonas sísmicamente activas, controladas por fallas que evidencian claras huellas de actividad tectónica reciente y que, por lo tanto, son capaces de generar terremotos cada cierto tiempo, unas con mayor intervalo de recurrencia que otras. No obstante, el registro histórico de la actividad sísmica del país abarca un poco más de 500 años; es decir una ventana de tiempo muy restringida a escala geológica. Aunque los accidentes sismogénicos de mayor potencial como los sistemas de fallas de Boconó, San Sebastián y El Pilar, presentan períodos de recurrencia del orden de 300 a 450 años (Audemard, 1998; Audemard *et al.*, 2000), muchas de las demás fallas activas en el norte del país, sobrepasan este lapso, como es el caso del sistema de fallas Oca-Ancón, cuyos sismos característicos alcanzan períodos de recurrencia del orden de 1.900 años para la falla de Ancón y 4.300 años para la de Oca (Audemard, 1993; 1996). Gracias a los estudios de paleosismología efectuados en Venezuela desde hace más de 30 años, se logró afinar los parámetros sismogénicos de un número apreciable de fallas activas, información esta de vital importancia para la evaluación de la amenaza sísmica (Singer y Audemard, 1997; Audemard, 2003; Audemard, 2005).

En la región centro-norte del país, la fuente tectónica de mayor significado sismogénico corresponde al sistema de fallas de San Sebastián, que se extiende costa afuera en el lecho submarino y es

por lo tanto inaccesible, con la excepción de un tramo de 7 km reconocido en tierra por Weisbord (1957), previamente a la construcción del actual aeropuerto Internacional Simón Bolívar de Maiquetía, en el estado Vargas.

No obstante, es importante resaltar que a todo lo largo de estos sistemas sismogénicos principales existen también fallas de menor longitud, pero capaces de generar sismos de magnitud moderada ($\leq 6,5-6,8$ Mw), que es necesario evaluar detenidamente, como es el caso del sistema Tacagua-El Ávila, en su condición de fuente local de amenaza sísmica para la ciudad capital, los centros urbanos y las infraestructuras de importancia vital más cercanas a la misma (Figura 1).

En consecuencia, el presente estudio paleosísmico tiene como objeto evaluar la actividad geológica reciente de la falla El Ávila. Este conocimiento reviste una importancia estratégica, sobre todo en consideración al silencio que caracteriza la actividad sísmica de esta falla y la incertidumbre concerniente a la traza activa de la misma.

2. Traza activa de la falla Tacagua-El Ávila

Las exigencias de selección de un sitio favorable para la excavación de una trinchera paleosísmica en el sistema de fallas Tacagua-El Ávila, han conducido al reconocimiento detallado de la actividad tectónica reciente a lo largo de la traza convencional conocida de este accidente estructural (Aguerrevere y Zuloaga 1937; Dengo, 1951; Wehrman, 1972; Rial, 1973; Singer, 1974; 1977a; Fanti, *et al.*; 1980; FUNVISIS, 1983; Suarez y Nábelek 1990; Acosta, 1997 y

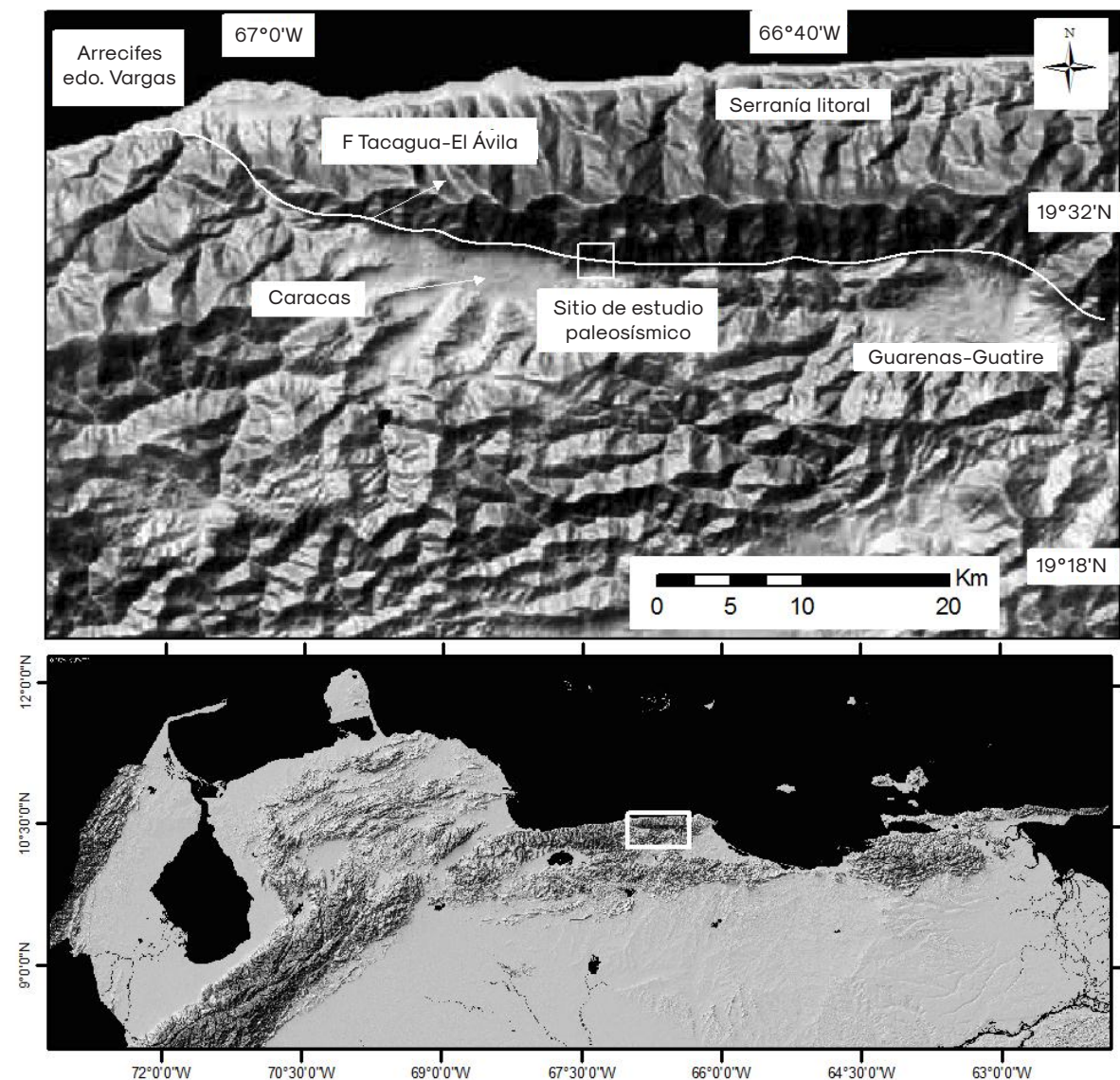


Figura 1. Ubicación relativa del sitio de trinchera paleosísmica y del sistema de fallas Tacagua-El Ávila, entre Arrecifes y Guatire, serranía Litoral de la cordillera de la Costa, región centro-norte de Venezuela.

Fuente: Modificado de Garrity *et al.*, 2004

Singer *et al.*, 2007). A tal efecto, se aprovecharon las fotos aéreas de la Misión 8 (años 1936-39) y 172 (año 1961) del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IG-VSB), que constituyen un recurso valioso, para la interpretación de las características estructurales y neotectónicas del corredor de fallas, así como para la selección de un sitio de trinchera paleosísmica. Ollarves *et al.*, (2007) realizaron la cartografía neotectónica del sistema de fallas Tacagua-El Ávila entre la costa cerca de Arrecifes (estado Vargas) hasta el población de Guatire (estado Miranda); esta falla controla el margen norte de las depresiones tectónicas de Caracas y de Guarenas-Guatire (Figura 2). El movimiento reciente entre Arrecifes y Guatire se obtuvo de las evidencias diagnósticas identificadas a lo largo de la traza activa cartografiada y confirmada en campo, ratificando el carácter dextral con una componente normal del movimiento de la misma.

Entre Guatire e Higuerote, la prolongación de la traza activa es aún mal conocida y no fue evaluada en este trabajo. En el mapa geológico regional, referencia 6947-III-NE por Urbani y Rodríguez, (2004), aparece inferida como un trazo de línea segmentada desde la población de Araira pasando por los valles de Chuspita, Salmerón y Birongo para continuar con dirección a la población de Barlovento en el estado Miranda. También en las imágenes de radar se evidencia un lineamiento que hace pensar que la falla se extiende hasta la región de Higuerote; es una zona que debe ser estudiada a partir de imágenes aerofotográficas y de misiones de campo para corroborar si hay evidencias de actividad cuaternaria en esta región.

A los fines de evaluar la amenaza sísmica para esta falla, se consideraron los criterios de segmentación propuestos por Audemard *et al.*, (2000). A ambos lados de la inflexión pronunciada de la traza de esta falla entre Plan de Manzano y Catia (Figura 2). Al oeste de esta inflexión el segmento Tacagua abarca una extensión de 15 km entre Arrecifes y Catia (Figura 2a), con un rumbo N70°O; en cuanto al segmento El Ávila ubicado al Este de la inflexión entre Catia y Guatire, (Figuras 2b1, b2 y b3), su extensión reconocida abarca unos 50 km con un rumbo general O-E, y controla el piedemonte sur de la serranía del Ávila. Es de hacer notar que la referida inflexión no constituye sino una barrera relativa significativa, debido al movimiento transcurrente transtensivo de la falla.

A continuación se describen las características de cada segmento señalado.

2.1 Segmento Tacagua

Entre la costa y el río Mamo la falla sigue un rumbo N60°-70°O, en dirección del Cerro Negro donde corta rocas metamórficas y genera bermas, además de drenajes desviados y desplazados en forma dextral. En el mismo Cerro Negro se midieron desplazamientos de tipo lateral dextral en el orden de 50 a 150 m (Figura 3), con un desplazamiento vertical que levanta el bloque norte a contra-pendiente, y el cual se evidencia claramente en la bajada de la Autopista Caracas-La Guaira pasando el túnel de Boquerón 1, por el desnivel correspondiente de un remanente de superficie de aplanamiento de probable edad Plioceno, la cual antefecha el probable inicio de la actividad neotectónica de la falla (FUNVISIS, 1983). Mediciones microtectónicas

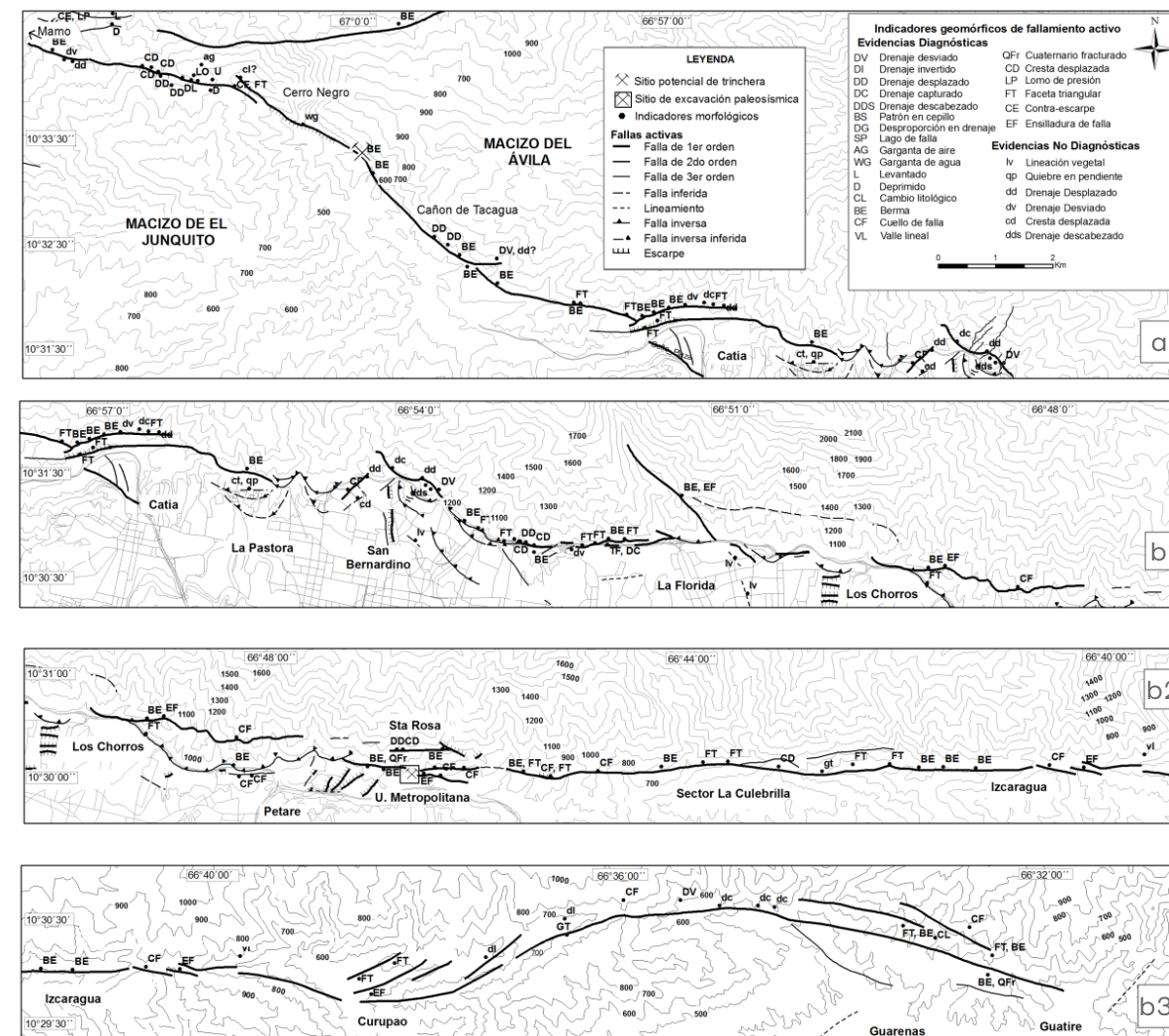


Figura 2. Trazado del sistema de fallas Tacagua-El Ávila. Evidencias morfológicas de actividad tectónica reciente. (a) segmento Tacagua, desde la cercanía de Mamo hasta Catia; (b1) segmento Ávila, sección entre Catia y Los Chorros, (b2) segmento Ávila, sección entre Los Chorros hasta Izcaragua, (b3) segmento Ávila, sección entre Izcaragua y Guatire.

Fuente: Modificado de Ollarves et. al., 2007

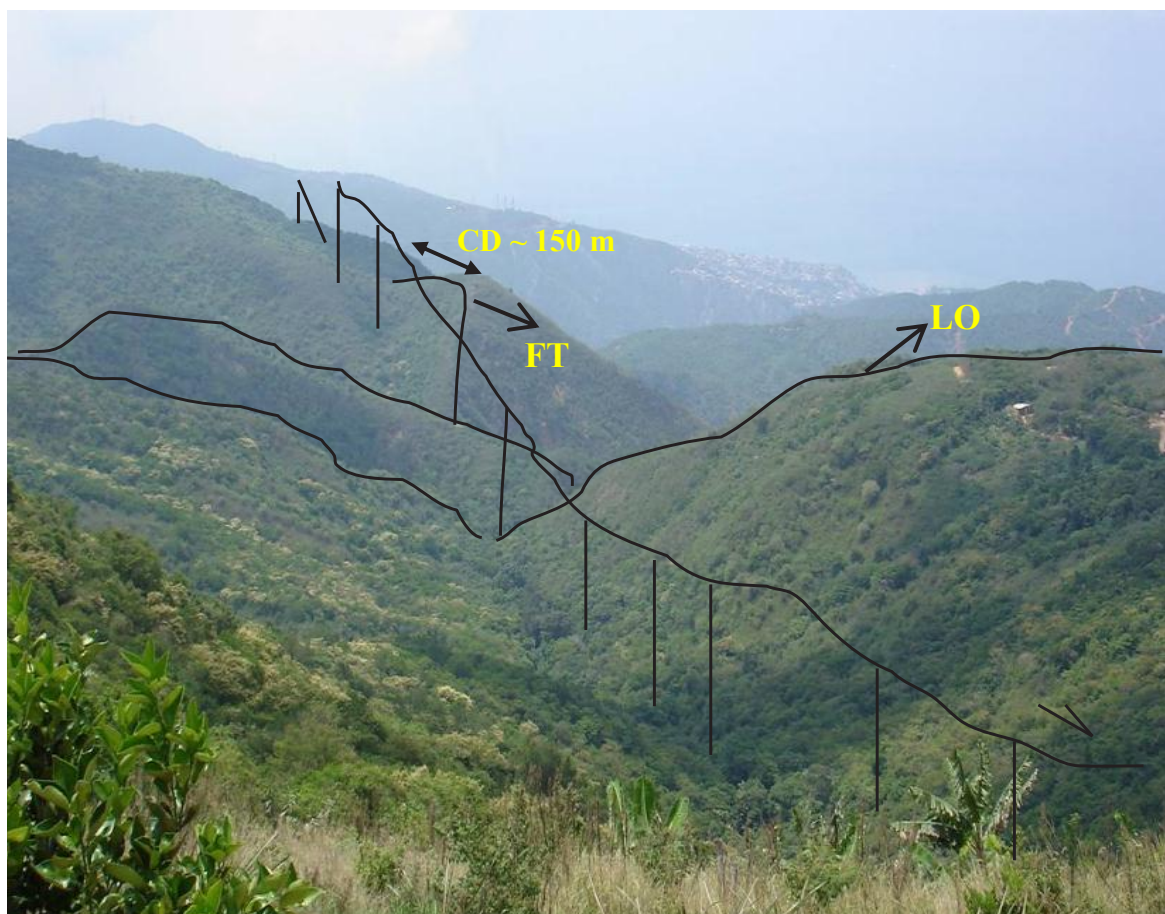


Figura 3. Expresiones neotectónicas diagnósticas de la falla Tacagua en Cerro Negro: LO: lomo de obturación; FT: faceta triangular, CD cresta desplazada. Foto: Ollarves, 2007

efectuadas por Acosta (1997), indican la ocurrencia de dos movimientos: el más viejo de componente normal, y el más reciente de tipo transcurrente dextral. En dirección a Plan de Manzano, la falla de Tacagua tuerce su rumbo para adoptar una dirección general cercana a O-E (Figura 2a), y deja de llamarse Tacagua para pasar a ser la falla El Ávila.

2.2 Segmento El Ávila

Este segmento de falla de dirección E-O asegura la articulación del macizo del Ávi-

la con las depresiones tectónicas de Caracas y Guarenas-Guatire, y controla el estrecho valle de falla ubicado entre estas poblaciones. La traza activa del segmento El Ávila presenta una longitud tres veces mayor que el segmento Tacagua y se encuentra subrayado por la geometría de escarpes de falla con facetas triangulares. Por las características morfológicas del segmento, la falla El Ávila se ha dividido en dos tramos, el primer tramo de falla se ha denominado Caracas (entre Catia y La Urbina) y el segundo tramo de falla llamado Caracas-Gua-

tire (entre La Urbina y Universidad Metropolitana hasta Guatire). La velocidad de la falla el Ávila fue estimada por Audemard *et al.*, (2000), en 0,4 mm/año, con un período de retorno de 2.500 años, para generar un sismo máximo probable de 6,8 Mw.

2.2.1 Tramo Caracas

A lo largo del piedemonte sur del Ávila, la falla sigue un rumbo general O-E y se expresa en la morfología por medio de escarpes tectónicos (Figura 2b1).

A lo largo de la Av. Boyacá (Cota Mil), los abanicos fluvio torrenciales del valle de Caracas se encuentran cruzados en forma de tijera, como reflejo de una componente vertical inversa en este tramo de falla (Singer, 1974; 1977a y Singer *et al.*, 2007). En la Puerta de Caracas (La Pastora), la traza alabeada del sistema de falla define el contacto estructural entre los abanicos piemontinos y el macizo rocoso, además flexura el cuerpo de las referidas acumulaciones cuaternarias. Este dispositivo morfoestructural se evidencia en particular en los abanicos del Pleistoceno inferior de La Pastora y de San Bernardino y en los del Marqués, en ambas extremidades oeste y este del valle de Caracas, donde el trazado de la falla sufre inflexiones sigmoidales de importancia.

En el sector de Boleíta-Los Chorros, la falla presenta dos trazas activas, una principal muy rectilínea al norte, y la otra alabeada al sur. La traza norte constituye la prolongación de la falla El Ávila y se adentra en el macizo rocoso entre el escarpe de falla identificado en la salida este del viaducto de Los Chorros y el distribuidor de la quebrada Galindo; la traza sur asegura el contacto entre el macizo rocoso de

los abanicos piemontinos del Pleistoceno inferior a modo de escama tectónica y de acuerdo con un patrón geométrico similar observado en la extremidad oeste del valle de Caracas, advertido por Dengo (1951) en la cartografía de esta falla.

2.2.2 Tramo Caracas-Guatire

Entre las depresiones tectónicas de Caracas, Guarenas y Guatire, la traza de este tramo de la falla se reconoce por medio de un profundo y estrecho valle de falla rectilíneo, excavado por la erosión diferencial, y a expensas de un marcador morfoestructural de extensión regional constituido por la superficie de aplanamiento de 1.200 msnm de probable edad pliocena (Singer, 1977b), correspondiente a la envolvente topográfica del bloque deprimido piemontino (Figura 4). De esta manera, la morfología de erosión diferencial entallada o excavada por el drenaje a lo largo de la traza de la falla, dificulta la obtención de evidencias de actividad neotectónica susceptibles de presentarse a lo largo de la misma (Figura 2b2; 2b3), como suele ocurrir en la morfología ‘criptotectónica’ de fallas activas desarrolladas en ambiente climático muy húmedo (Cotton, 1950; Bloom, 1978). Precisamente, la revisión fotogeológica detallada del sector de la traza de falla ubicado al noreste de la Universidad Metropolitana (UNIMET), (sector Padrón de Santa Rosa) al este de Caracas, reveló la existencia de paleoescarpes cosísmicos deformando la base del escarpe de línea de falla de la traza El Ávila, ubicado por debajo del nivel de referencia morfoestratigráfica de la cota 1.200 msnm, bajo la forma de bermas tectónicas una de las cuales fue favorable para la excavación de un sitio de trinchera.

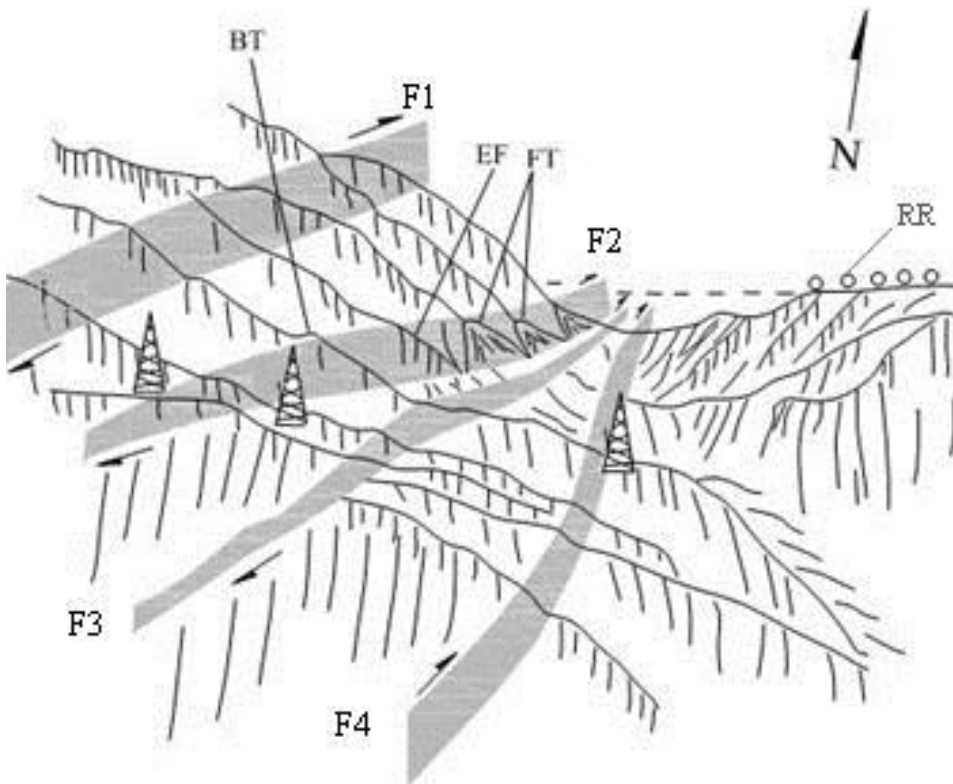


Figura 4. Trazas de fallas en échelon, en el sector La Culebrilla, con el detalle de las evidencias morfotectónicas de actividad reciente. En la falla F2 BT: berma tectónica, EF: escarpe de falla, FT: faceta triangular, RR: remanente de la superficie residual de cota 1.200 msnm.

Foto: Ollarves, 2007

3. Estudio paleosísmico de la trinchera de Santa Rosa

3.1 Materiales y métodos

La excavación de una trinchera de exploración paleosísmica en la falla El Ávila respondía a la necesidad de conocer la actividad reciente de esta falla, tomando en cuenta el vacío de información sísmológica tanto histórica, como instrumental que caracteriza a la misma, y la condición de este accidente estructural como falla de sitio en los estudios de amenaza sísmica para Caracas, ciudad capital, y sus infraestructuras de servicio. A tal efecto, la excavación de esta trinchera debía cumplir los siguientes objetivos: en primer lugar, documentar la actividad tectónica reciente de la falla, en particular durante el Holoceno; y en segundo lugar, proporcionar insumos de información sobre la historia de la actividad sísmica de la falla con base a dataciones radiocarbónicas de marcadores sedimentarios deformados.

3.1.1 Condiciones de sitio

Para cumplir con los objetivos señalados, se ubicó el sitio de trinchera paleosísmica en una de las bermas tectónicas, reconocidas en el sector Padrón, de la parte baja del topo Santa Rosa (Figura 5). En este sitio, las referidas bermas cortan los depósitos de ladera compuestos por deslaves adosados al pie del Ávila. De esta manera, existían buenas expectativas de hallar evidencias de deformaciones cosísmicas en los materiales de deslaves, en la vertical cortada por la trinchera de manera perpendicular al escarpe de falla. La trinchera se excavó con una orientación N-S, perpendicular a una de estas bermas, con las siguientes

dimensiones 3 m de profundidad por 1,5 m de ancho y 16 metros de largo. El levantamiento de la trinchera paleosísmica se realizó entre noviembre de 2008 y febrero de 2009, con el apoyo logístico de la Constructora Nolberto Odebrecht.

3.1.2 Levantamiento geológico de las paredes de la trinchera

Previamente al levantamiento se procedió a raspar y lavar con agua a presión ambas paredes de la trinchera, con el fin de diferenciar claramente las capas de sedimentos expuestos en la excavación; seguidamente se colocó un mallado de 1 m por 1 m para facilitar el levantamiento geológico de cada pared (Figura 6). De esta manera, se evidenció que los niveles de sedimentación más profundos se encontraban cortados por la traza activa de la falla El Ávila, pero no los tres últimos niveles más superficiales. La expresión de la falla en la excavación es la de un embudo abierto hacia la superficie y colmatado luego de cada evento sísmico por colapsos de materiales ricos en materia orgánica. En función de las interpretaciones preliminares, el muestreo se realizó con el objetivo de entender y conocer la cronología de los eventos ocurridos durante el Holoceno, no sólo la historia de la actividad sísmica de la falla, sino además, conocer la cronología de la secuencia estratigráfica de tres niveles sucesivos que sellan la misma. Dentro del embudo de falla, se tomaron 5 muestras en la pared este y 2 muestras en la pared oeste; en la secuencia estratigráfica que sella la falla momentáneamente, el muestreo se realizó en la base de cada uno de los tres niveles que componen la secuencia. El cuadro 1 presenta los resultados de las edades radiocarbónicas obtenidas y las

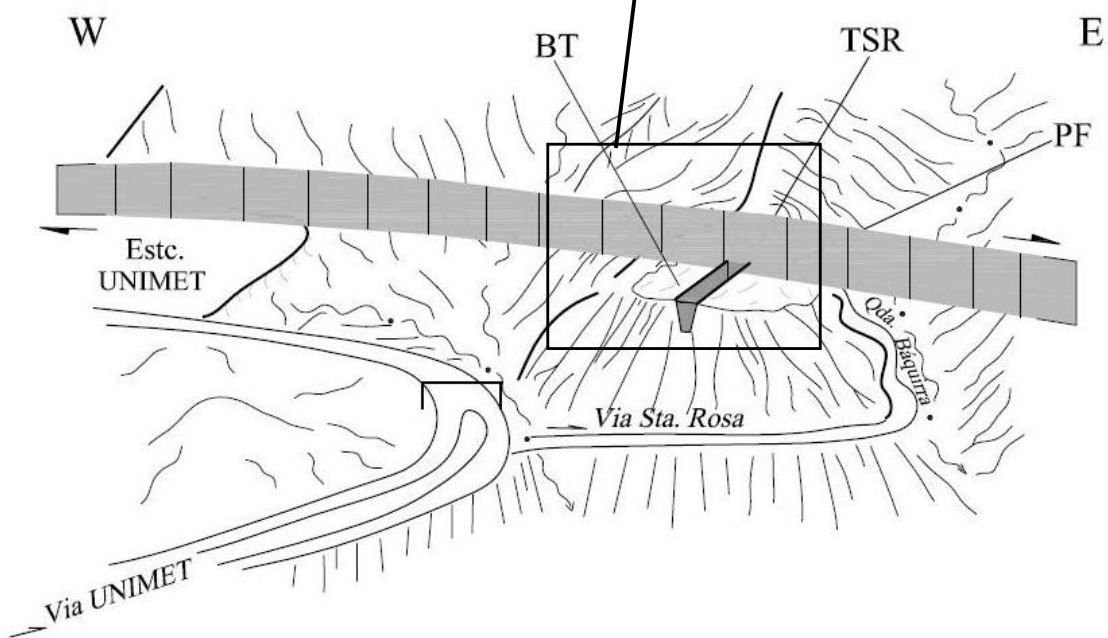


Figura 5. Ubicación del sitio de excavación paleosísmico en Santa Rosa. **BT:** berma tectónica, **PF:** plano de falla, **TSR:** trinchera paleosísmica, **UNIMET:** Estacionamiento Universidad Metropolitana.

Foto: Audemard, 2007



Figura 6. Limpieza de las paredes de la excavación, previo al levantamiento geológico de las mismas.

Foto: Rodríguez, 2008

figuras 7 y 8 el levantamiento geológico de ambas paredes con la ubicación de los sitios muestreados.

Cuadro 1. Índices de especialización, concentración y conectividad.

Fuente: elaboración propia con datos del SII (2009)

Referencia Muestra (FUNVISIS)	Referencia Beta analytic *	Edad radiocarbónica convencional Edad en años AP	Edad radiocarbónica con curva de calibración	Calibración año calendario		Calibración año calendario	
				2 sigma 95%	1 sigma 68%	2 sigma 95%	1 sigma 68%
				AC/DC		AP	
VEN-01-08	244375	5700	4530 (AC) - 6480 (AP)	4570-4540 (AC) 4570-4460 (AC)	4560-4490	5670-6590 5570-6400	5500-6440
VEN-02-08	244376	2850	1010 (AC) 2950 (AP)	1130-970 (AC)	1080-980 (AC)	3080-2870	3030-2890
VEN-03-08	244377	2700	830 (AC) 2780 (AP)	920-800 (AC)	900-810 (AC)	2870-2750	2850-2760
VEN-04-08	244378	1650	420 (DC) 1530 (AP)	340-340 (DC)	380-480 (DC)	1610-1410	1560-1570
VEN-05-08	244379	1370	650 (DC) 1280 (AP)	610-690 (DC)	640-670 (DC)	1340-1260	1300-1280
VEN-06-08	244380	950	1040 (DC) 910 (AP)	1010-1170 (DC)	1030-1160 (DC)	940-780	920-800
VEN-07-08	244381	740	1570 (DC) 480 (AP)	1450-1650 (DC)	1470-1640 (DC)	500-300	480-310
			1590 (DC) 360 (AP)				
			1620 (DC) 330 (AP)				
VEN-08-08	244382	910	1160 (DC) 800 (AP)	1080-1220 (DC)	1040-1170 (DC)	920-730	910-780
VEN-09-08	244383	500	1480 (AC) 570 (AP)	1400-1450 (DC)	1410-1440 (DC)	550-500	540-510
VEN-10-08	244384	110	1700 (DC) 250 (AP)	1670-1780 (DC)	1680-1740 (DC)	280-170	270-210
			1720 (DC) 230 (AP)	1800-1850 (DC)	1810-1830 (DC)	150-0	140-70
			1820 (DC) 130 (AP)	1850-1860 (DC)	1850-1860 (DC)	0-0	0-0
			1840 (DC) 110 (AP)				
			1880 (DC) 70 (AP)				
			1920 (DC) 40 (AP)				
			1950 (DC) 0 (AP)				
VEN-11-08	244385	5080	3940 (AC) 3890 (AP)	3970-3780 (AC)	3960-3900 (AC)	3970-5730	3900-3850
			3850 (AC) 5800 (AP)		3880-3800 (AC)		3840-3750
			3820 (AC) 5770 (AP)				
VEN-12-08	244386	2490	510 (AC) 2460 (AP)	760-680 (AC)	730-690 (AC)	2710-2650	2680-2640
				670-400 (AC)	540-410 (AC)	2670-2350	2500-2360
VEN-13-08	244387	4710	3510 (AC) 5460 (AP)	3630-3370 (AC)	3620-3590 (AC)	5380-5370	5370-5340
					3530-3500 (AC)		5480-5450
					3440-3380 (AC)		5390-5330
VEN-14-08	244388	7840	6550 (AC) 8500 (AP)	6810-6590 (AC)	6690-6630 (AC)	8760-8540	8640-8380
VEN-15-08 (Carbon de madera)	244389	1520	550 (DC) 1400 (AP)	430-520 (DC)	540-590 (DC)	1570-1330	1470-1360

AC = Antes de Cristo AP = Antes del Presente DC = Después de Cristo
 (*) Análisis realizado en los laboratorios de Beta Analytic INC, U.S.A., con el método AMS- Standard delivery

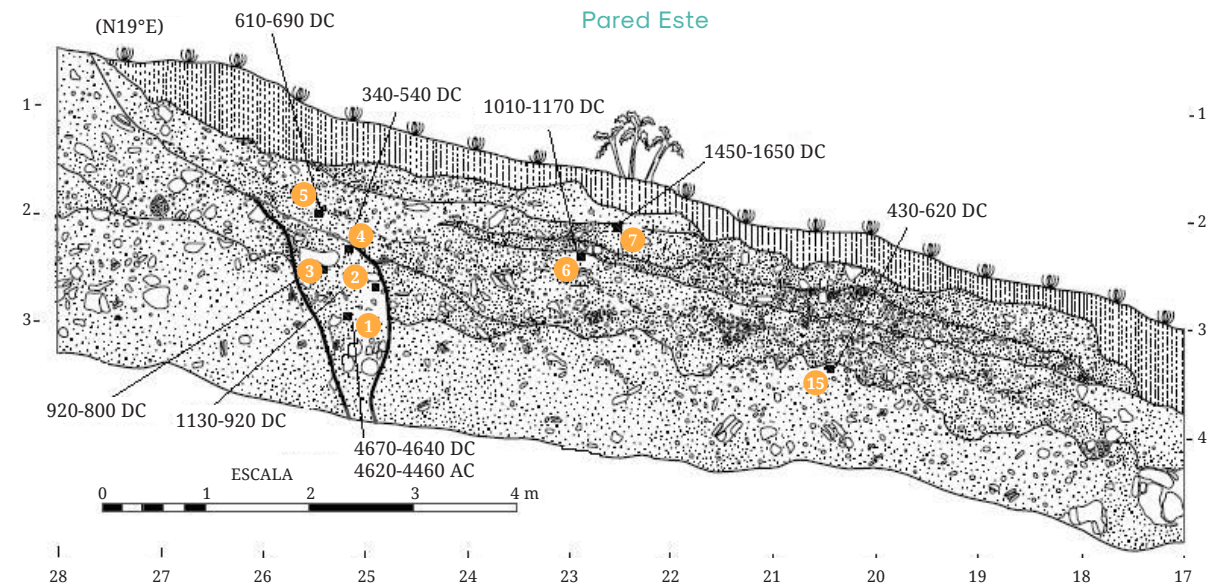


Figura 7. Estratigrafía de la pared este de la trinchera Santa Rosa y ubicación de los sitios de muestras datadas por C14.

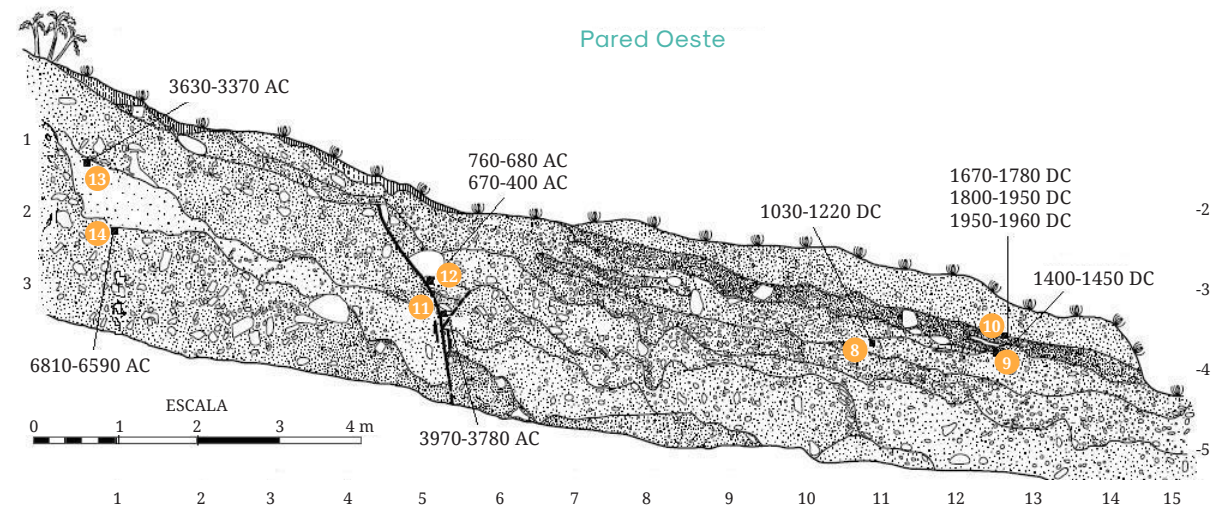


Figura 8. Estratigrafía de la pared oeste de la trinchera Santa Rosa, con la ubicación de los sitios de muestras datadas por C14, para facilitar su comparación con la pared este, esta pared es imagen espejular de la original.

4. Resultados

El levantamiento geológico detallado de las dos paredes permitió, en primer lugar, evidenciar que la traza activa de la falla El Ávila corta los niveles de sedimentos más profundos, pero no afecta la secuencia estratigráfica de sedimentos más recientes (Figuras 9 y 10). En segundo lugar, se evidenció que los sedimentos que componen la secuencia estratigráfica fallada y no fallada, en su mayoría corresponden a materiales de ladera desordenados con características de deslaves de origen reciente, que contienen bloques aislados sub-angulares de tamaños variados, embebidos en una matriz arenosa con una importante fracción fina limo-arcillosa. El color de estos niveles estratigráficos varía desde

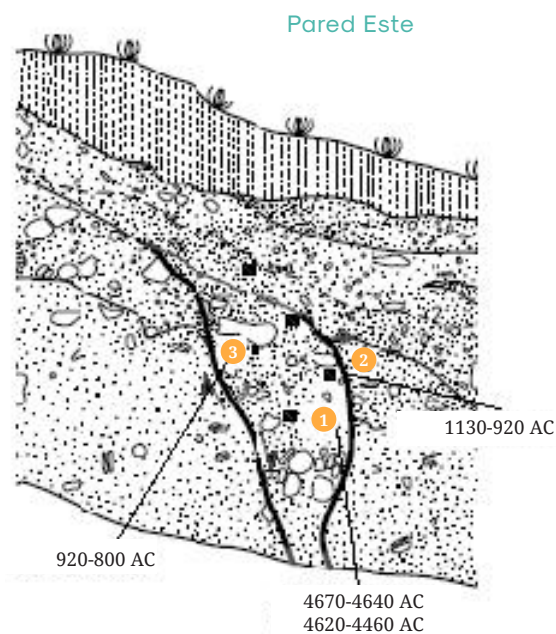


Figura 9. Ampliación del embudo de falla de la figura 7, con indicación de los niveles sedimentarios cortados por la falla sellada, y niveles sedimentarios recientes que sellan la falla.

un color rojo ladrillo claro principalmente en la secuencia fallada, hasta los niveles gris oscuro a gris claro coluvionados que siguen en dirección a la superficie y corresponden a la secuencia estratigráfica no fallada. Con el resultado de las dataciones se reconstituyó la actividad paleosísmica de la falla El Ávila y la actividad morfogenética de la secuencia estratigráfica que sella la misma.

4.1 Actividad paleosísmica

Una primera interpretación condujo a pensar que la falla tendía a tener periodos de recurrencia muy largos, presunción que pudo ser validada y corroborada con los resultados radiocarbónicos. Las muestras tomadas en la secuencia estratigráfica que

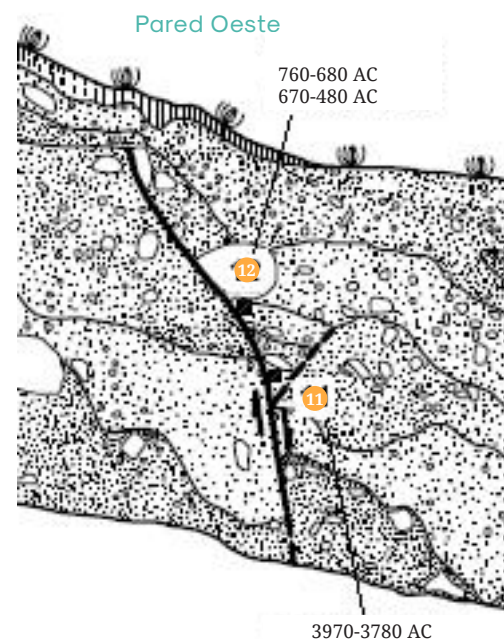


Figura 10. Detalle de la figura 8: los niveles sedimentarios más antiguos se encuentran cortados por la falla, mientras que los más recientes permanecen deformados.

sellan actualmente la falla, se depositaron entre los 400 años después de Cristo (DC) y la actualidad, mientras que las edades obtenidas de los sedimentos en el embudo de falla están en el orden de los 4.000 años y 700 años antes de Cristo (AC).

Del resultado obtenido en las dataciones (muestras 1, 2 y 3, de la pared este, y 11 y 12 pared oeste, Figuras 10 y 11), se estimó que el período de retorno de la traza activa de la falla El Ávila, se encuentra en el orden de los 3.200 a 3.500 años. En comparación con el valor inicialmente calculado por Audemard *et al.*, (2000), el periodo de retorno aumenta, y la velocidad de movimiento baja a razón de 0,3 mm/año. Para el cálculo del sismo máximo probable se utilizó la ecuación ($M = 3,98 + \log(RA)$) de Wells and Coppersmith, (1994), donde (RA) es el área en km^2 , la longitud para la falla El Ávila, está estimada en 50 km y la profundidad en 15 km, obteniéndose entonces una magnitud máxima probable de 6,9 Mw, difiriendo en una décima con el valor previamente estimado por Audemard *et al.*, (2000).

Han transcurrido aproximadamente 2.700 años, del último paleo-evento sísmico identificado bajo un sello de tres niveles estratigráficos, el cual arrojó una edad ^{14}C de 760 años–680 años AC, (muestra 12 de la pared oeste; figura 11), aún faltan unos años para que esta falla nuevamente se active, pero es importante recordar que mientras más tiempo haya transcurrido del último evento, más cercano está el próximo.

4.2 Actividad morfogenética de la secuencia estratigráfica superior no fallada

La trinchera paleosísmica de Santa Rosa abrió una ventana en el conocimiento de la dinámica morfogenética que ha dominado el flanco montañoso sur del Ávila, particularmente en los últimos 2.000 años. El muestreo realizado en la base de cada uno de los niveles que componen la secuencia estratigráfica que sella la falla (Figuras 7 y 8), sugieren que cada 400 a 500 años en el flanco sur del Ávila, suceden eventos esporádicos de aludes torrenciales, como lo refiere Singer *et al.*, (2010).

La edad obtenida correspondiente al evento sello de deslaves más antiguos se obtuvo de la muestra de carbón N° 15 (Figura 7), tomada en la pared este, esta datación fecha el inicio de la secuencia no fallada, y la edad está entre los 430 años a 620 años DC. El segundo evento en orden cronológico arrojó una edad entre los 1.000 años a 1.100 años DC, obtenido a partir de las muestras N° 6, pared este y N° 8, pared oeste. La datación más reciente obtenida en estos flujos torrenciales está alrededor de los 1.450 y 1.600 años DC (muestra N°7 pared este, y muestra N° 9 pared oeste). El diferencial de tiempo entre cada evento oscila entre 400 y años 500, entonces, pareciera ser que estamos en la ventana de tiempo de ocurrencia de este tipo de eventos. Para un mejor entendimiento se ha tomado el levantamiento geológico de la pared este (Figura 11), donde se expone la correlación cronoestratigráfica de los paleoeventos datados.

Las evidencias encontradas en la excavación paleosísmica conforman un registro

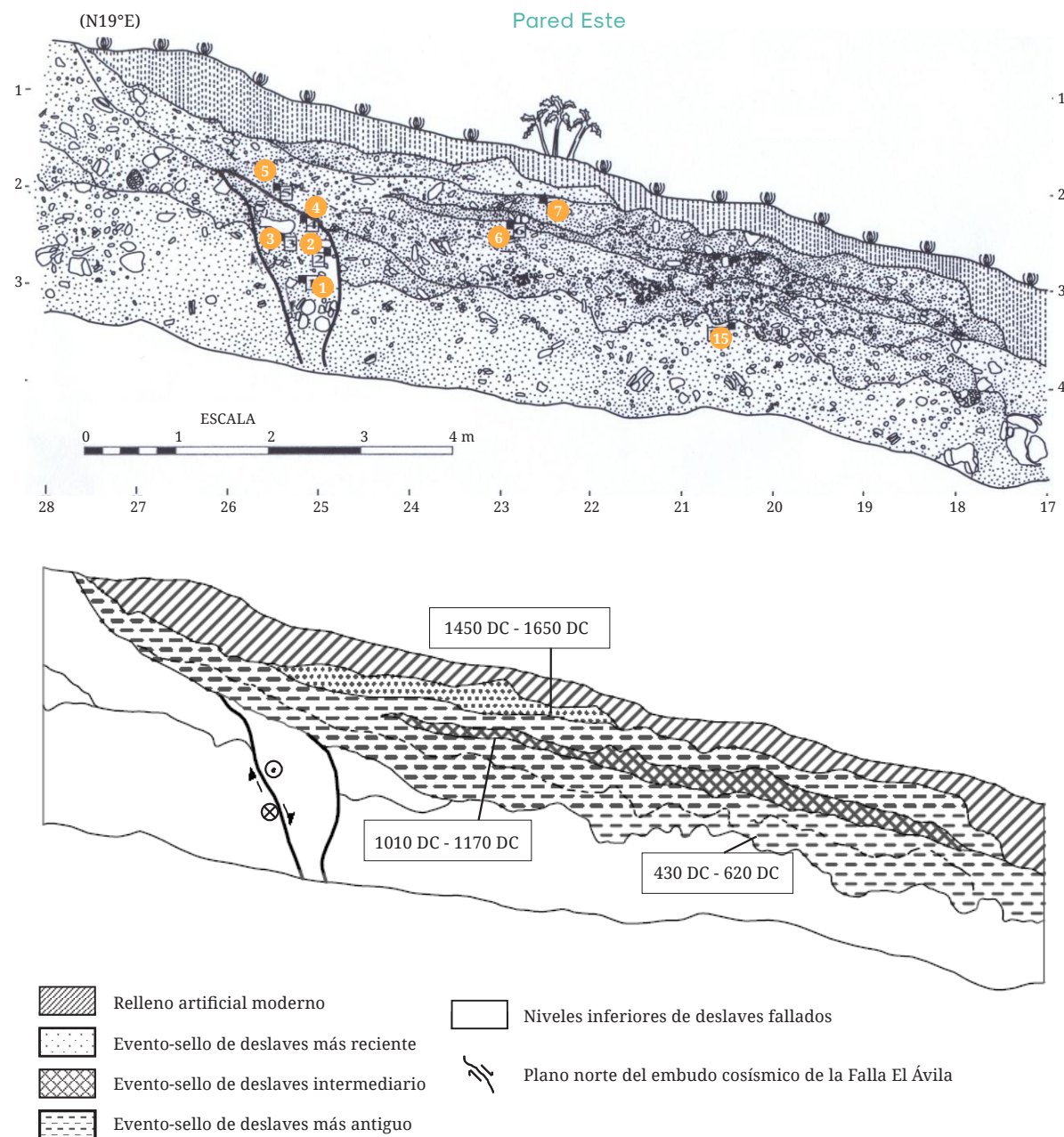


Figura 11. Datación cronoestratigráfica de los paleoeventos de origen torrencial y calibración de los mismos, por medio de los resultados radiocarbónicos en la secuencia estratigráfica que sella la falla.

Fuente: Singer et al., 2010

palpable que nos recuerda que este tipo de eventos, probablemente de características parecidas a lo sucedido en el estado Vargas en 1999, ha ocurrido y ocurrirá en el flanco sur de la serranía, donde el valle de Caracas se comportaría como el almacén de los flujos torrenciales provenientes de las laderas de El Ávila.

5. Conclusiones

El estudio paleosísmico de la trinchera Santa Rosa confirmó la actividad reciente de la falla El Ávila, accidente perteneciente al sistema Tacagua-El Ávila. En la excavación quedó expuesta la traza activa cortando sedimentos cuaternarios. Los parámetros de esta falla estimados inicialmente por Audemard *et al.*, (2000) fueron: velocidad de 0,4 mm/año y un período de retorno de 2500 años y la magnitud del sismo máximo probable se tenía en 6,8 Mw. Del presente estudio se obtuvo una velocidad de 0,3 mm/año, y un periodo de retorno en el orden de los 3200-3500 años, significando que el nivel de amenaza es menor al previamente estimado, y la magnitud del sismo máximo probable es de 6,9 Mw. Han transcurrido aproximadamente 2.700 años del último evento sísmico datado, aún faltan algunos siglos, para entrar en la ventana de tiempo, del período de retorno estimado.

En la trinchera paleosísmica, además de conocer la historia cronológica de la falla, particularmente durante el Holoceno, se conoció la edad relativa de eventos esporádicos de flujos torrenciales ocurridos en los últimos 2.000 años de registros grabados en el tiempo, que han dejado su huella y que de forma momentánea han sellado la falla. El período de retorno de estos eventos, cuyos sedimentos reposan sobre los niveles fallados, se encuentran en el orden de los 400 a 500 años, el más reciente datado responde a una edad entre 1450 y 1600 DC, lo que indica que el próximo evento de este tipo se encuentra en la ventana de tiempo de ocurrencia.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen a la dibujante Marina Peña, por su apoyo en los dibujos presentados en esta investigación, al grupo de trabajo que apoyó el levantamiento de las paredes de la trinchera (Carlos Reinoza, Richard Montenegro, Johana Ojeda, Iliana Aguilar y Maxlimer Vallée); A Franco Urbani, por sus observaciones y sugerencias al trabajo, así como a los revisores anónimos, por su revisión y sugerencias que ayudaron a mejorar la presente contribución. A la Compañía ODEBRECHT, por su apoyo en la logística de la excavación paleosísmica en el sector Padrón, parte alta de Santa Rosa.

7. Referencias citadas

- ACOSTA, L. 1997. Estudio de la traza activa de la falla de Tacagua-El Ávila para fines de microzonificación sísmica del corredor estratégico Caracas-Litoral norte-central de Venezuela. *Memorias del VIII Congreso Geológico Venezolano*. Tomo I: 27-27.
- AGUERREVERE, S. & G. ZULOAGA. 1937. *Geological notes on the central part of the Cordillera de la Costa*. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- AUDEMARD, F. A. 1993. Trench investigation across the Oca-Ancon fault system, Northwestern Venezuela. *Second International Symposium on Andean Geodynamics*. 51-54. Oxford-England. (Extended abstract).
- AUDEMARD, F. A. 1996. "Paleosismicity studies on the Oca-Ancon fault system, northwestern Venezuela". *Tectonophysics*, 259: 67-80.
- AUDEMARD, F. A. 1998. "Contribución de la paleosismología a la sismicidad histórica: los terremotos de 1610 y de 1894 en los Andes Venezolanos meridionales". *Revista Geográfica Venezolana*, 39(1-2): 87-105.
- AUDEMARD, F. A. 2003. "Estudios paleosísmicos por trincheras en Venezuela: métodos, alcances, aplicaciones, limitaciones y perspectivas". *Revista Geográfica Venezolana*, 44(1), 11-46.
- AUDEMARD, F. A. 2005. "Paleoseismology in Venezuela: Objectives, methods, applications, limitations and perspectives". *Tectonophysics*, 408: 29-61.
- AUDEMARD, F. A.; MACHETTE, M.; COX, J.; DART, R. & H. HALLER. 2000. *Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Venezuela and its Offshore Regions*. USGS Open-File report 00-0018 (accessible from USGS web page; open file reports ofr-00-0018).
- BLOOM, A. L. 1978. *Geomorphology*. Prentice Hall, New Jersey.
- COTTON, C. A. 1950. "Tectonic scarps and fault valleys". *Geol. Soc. American Bull.*, 81: 717-758.
- DENGO, G. 1951. "Mapa geológico de la región de Caracas, escala 1:50.000". *Boletín Geológico*, 1(1): 39-115. Versión en inglés: 1953. "Geology of the Caracas region, Venezuela". *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 64(1): 7-40.
- FANTI, O.; FRONTADO, L. y A. VECCHIO. 1980. *Tectónica y sismicidad del área de Caracas y sus alrededores*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Caracas-Venezuela. Trabajo Especial de Grado (Inédito).
- FUNVISIS. 1983. *Evaluación del riesgo sísmico para el proyecto ferrocarril Caracas-Litoral*. 2 volúmenes. (Inédito). Caracas, Venezuela.
- GARRITY, C.; HACKLEY, P. y F. URBANI. 2004. *Digital Shaded-Relief Map of Venezuela*. US Geological Survey, Open File Report 2004-1322. Disponible en: <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1322>
- OLLARVES, R.; SINGER, A. y F. A. AUDEMARD. 2007. *Neotectónica de la falla Tacagua-El Ávila, en el marco del proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas*. (Inédito). Caracas, Venezuela.

- RIAL, J. 1973. "La fosa tectónica de Tacagua y su relación con la sismicidad de la región de Caracas". *Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos*, 8(3): 49-54.
- SINGER, A. 1974. "Acumulaciones holocenas torrenciales catastróficas, de posible origen sísmico, y movimientos neotectónicos de subsidencia en la parte oriental del Valle de Caracas". *Geos*, 22: 64-65.
- SINGER, A. 1977a. Tectónica reciente, morfogénesis sísmica y riesgo geológico en el graben de Caracas. *Seminario de Riesgo Geológico*. OEA/FUNVISIS/UCV. Caracas, Venezuela.
- SINGER, A. 1977b. Síntesis regional de la evolución geomorfológica de la Cordillera de la Costa en el área de Caracas. *V Congreso Geológico Venezolano*. Caracas, Venezuela (noviembre).
- SINGER, A. y F. A. AUDEMARD. 1997. Aportes de FUNVISIS al desarrollo de la geología de fallas activas y de la paleosismología. En: Grases, J. (Ed.). *Diseño Sismorresistente: Especificaciones y Criterios Empleados en Venezuela*. 25-38. vol. XXXIII. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Caracas, Venezuela.
- SINGER, A.; ZAMBRANO, A.; OROPEZA, J. y M. TAGLIAFERRO. 2007. Cartografía de las unidades geológicas cuaternarias del valle de Caracas a escala 1:25.000. *IX Congreso Geológico Venezolano*, (CD).
- SINGER, A.; RODRÍGUEZ, L.; AUDEMARD, F., y R. OLLARVES. 2010. Estimación del periodo de retorno de manifestaciones de aludes torrenciales en la serranía del litoral por medio de dataciones C^{14} obtenidas en trinchera al pie del Ávila y por vía arqueológica en las formaciones aluviales de Caracas. En: LÓPEZ, J. L. (Ed). *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas*. 115-126. Editorial Gráficas Lauki. Caracas, Venezuela.
- SUÁREZ, G. y J. NÁBELEK. 1990. "The 1967 Caracas earthquake; fault. geometry, direction of rupture propagation and seismotectonic implications". *Jour. Geoph. Res.*, 95: 17.459-17.474.
- URBANI, F. y J. A. RODRÍGUEZ. 2004. *Atlas geológico de la cordillera de la Costa*. Caracas. Edic. Fund. Geos y Funvisis, 146 hojas a escala 1:50.000.
- WEISBORD, N. L. 1957. "Notes on the geology of the Cabo Blanco area, Venezuela". *Bull. Amer. Paleont.*, 38(165): 25.
- WEHRMANN, M. 1972. "Geología de la región de Caracas-Colonia Tovar". *Boletín de Geología*, Publicación especial (5,4): 2.093-2.121.
- WELLS, D. & K. COPPERSMITH. 1994. "New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement". *Bulletin of Seismological Society of America*, 84(4): 974-1.002.

Fecha de culminación del artículo
(con correcciones): julio, 2015
Lugar: Caracas

Modelo de zonificación

Agroclimática para la producción de sorgo dulce con fines energéticos en Argentina

Agroclimatic zoning model for sweet sorghum production for energy purposes in Argentina

Silvia Liliana Falasca

CONICET. Instituto Clima y Agua. INTA,
Universidad Nacional del Centro (UNICEN).
Facultad de Ciencias Humanas
sfalasca@conicet.gov.ar; slfalasca@gmail.com

María Angélica Bernabé

Universidad Nacional del Centro (UNICEN),
Facultad de Ciencias Humanas, Centro
de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA).
Tandil. Provincia de Buenos Aires, Argentina
mbernabe@fch.unicen.edu.ar; mariangeberna@gmail.com

Resumen

El sorgo dulce es considerado uno de los cultivos más eficientes para convertir CO₂ atmosférico en azúcar. El objetivo de este trabajo fue delimitar el área agroclimáticamente apta para el desarrollo del sorgo dulce en Argentina, como potencial especie productora de bioetanol, utilizando los límites biofísicos observados en el país y en otros lugares en el mundo donde se cultiva la especie. Para definir la aptitud agroclimática, se analizaron datos meteorológicos (1981-2010). Además, se utilizó una serie de variables bioclimáticas previamente interpoladas para obtener los mapas. Los índices agroclimáticos, que determinan las diferentes clases de aptitud, se integraron en un sistema de información geográfico para crear regiones térmicas e hídricas. Los mapas elaborados se superpusieron para obtener la zonificación agroclimática. Se delimitaron diez clases de aptitud agroclimática, bajo el que se diseñó un modelo de zonificación agroclimática para el sorgo dulce en Argentina. Este modelo se puede aplicar en cualquier parte del mundo utilizando los límites agroclimáticos presentados en este trabajo.

Palabras clave: sorgo dulce; necesidades bioclimáticas; aptitud agroclimática; bioetanol.

Abstract

Sorghum bicolor var. sweet is considered to be one of the most efficient crops to convert atmospheric CO₂ into sugar. The aim of this study was to delimit the Argentina agroclimatic suitable area for the development of Sweet sorghum as a potential bioethanol-producing species, by using biophysical limits observed in the country and elsewhere in the world where the plant is grown. To define its agroclimatic suitability, the meteorological data (1981-2010) were analyzed. To obtain the maps, a series of previously interpolated bioclimatic variables were used. The agroclimatic indices, which determine different classes of suitability, were integrated in a geographic information system to create thermal and moisture regions. The maps elaborated were overlapped to determine the agroclimatic zoning. Ten types of agroclimatic suitability were delineated. The authors outlined an agro-climatic zoning model for sweet sorghum in Argentina. This model may be applied in any part of the world, by using the agroclimatic limits presented in this paper.

Key words: sweet sorghum; bioclimatic requirements; agroclimatic suitability; Argentina; bioethanol.

1. Introducción

Con la entrada en vigencia de la Ley N° 26.093 (2006), la producción de biocombustibles en Argentina, más precisamente el biodiesel que se elabora a partir del aceite de soja, tuvo un gran impulso y generó considerables saldos exportables. El consumo de biocombustibles se reguló a partir del 1 de enero de 2010 y desde entonces, el diesel comenzó a cortarse con un 5 % de biodiesel y las naftas con un 5 % de alcohol anhidro.

Mientras la economía y las industrias se fueron expandiendo, el consumo de combustible se fue acrecentando y en un determinado momento, el consumo comenzó a superar la producción, provocando que Argentina tuviera que importar combustibles fósiles para satisfacer las demandas industriales y residenciales. Pese a que la energía es uno de los principales temas del debate político-económico nacional, el desabastecimiento energético en el país se remonta a más de una década.

Las importaciones argentinas de energía aumentan año tras año, a pesar de las últimas medidas oficiales que recortaron los subsidios destinados a este sector. En el último año, la Argentina duplicó la importación de nafta y gasoil, cuyas compras al extranjero crecieron 72 % en 2014, en comparación al mismo mes del año anterior (El cronista, 2014).

La Secretaría de Energía de la Nación sancionó en 2014 una importante resolución para la industria de los biocombustibles, que tiende a posibilitar un corte obligatorio de las naftas con 10 % de bioetanol a partir del 1° de diciembre de 2014. La Resolución N° 44/2014 (que modifica la Resolución N° 1294/2008 y se refiere a la elevación del porcentaje de corte de las naf-

tas) tendrá impacto en la producción nacional y la demanda interna de maíz y caña de azúcar. El objetivo central de la decisión gubernamental de ampliar el porcentaje de corte con bioetanol apunta a disminuir la dependencia con el exterior y reforzar el autoabastecimiento.

En Argentina el mercado doméstico de bioetanol es pequeño con respecto al de biodiesel, tanto en lo que respecta a la producción como al consumo, el que oscila en los ocho millones de metros cúbicos. Como consecuencia de esta última resolución, se emplearán aproximadamente 800.000 metros cúbicos de bioetanol para mezclar con las naftas.

Los proyectos de bioenergía, como promueven el desarrollo de nuevas plantaciones energéticas, generalmente de ciclo corto, y como reducen las emisiones de carbono por la sustitución de combustibles fósiles, ejercen un doble efecto sobre la mitigación del cambio climático. En los últimos años ha crecido el interés en diversos países por la utilización del sorgo dulce como fuente de bioenergía, ya que esta especie presenta altos contenidos de biomasa y produce azúcar soluble convertible en bioetanol, mientras que las fibras residuales del proceso de extracción del jugo se pueden emplear para generar electricidad.

El objetivo de este trabajo consistió en delimitar el área agroclimáticamente apta para el desarrollo del sorgo dulce en Argentina, como potencial especie productora de bioetanol, utilizando los límites biofísicos observados en el país y en otros lugares en el mundo donde se cultiva la especie.

1.1 Características del sorgo

El sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, pertenece a la familia de las gramíneas. Se trata de una especie con metabolismo C₄ y de crecimiento primavera-verano (Dendy, 1995).

Fue domesticado por primera vez en África (Etiopía). El terreno montañoso y la diversidad de climas en esta zona dieron lugar a un gran número de genotipos, adaptados a una amplia variedad de condiciones ambientales. Si bien existe un gran número de variedades de sorgo, para bioenergía interesan los biotipos dulce y de alta biomasa. Estos últimos son híbridos de floración tardía con una prolongada etapa vegetativa, lo cual permite el retraso en el desarrollo de estructuras reproductivas para alcanzar hasta seis metros de altura (Blade, 2012), produciendo altos rendimientos de biomasa fibrosa, para bioetanol de segunda generación.

1.2 Usos y productividad

Desde el punto de vista energético el sorgo es útil para: a) producción de bioetanol: mediante la extracción y procesamiento de los azúcares contenidos en el tallo de la planta, que pueden representar más de 40 % del tallo seco, obteniéndose en promedio 0,14 litros de etanol a partir de un kg de sorgo dulce; b) producción térmica o eléctrica: el uso de la biomasa seca producida que sirve para la producción de calor o electricidad.

Un sorgo alcoholero de alta eficiencia debería tener niveles de producción que superen las 45 toneladas por hectárea de tallo libre, tallo jugoso con fibras intermedias, altos valores de fermentables en jugo, un período de cosecha amplio, tallos de altura de no menos de 3 metros, baja incidencia

del porcentaje de panoja y buena tolerancia al vuelco para que no se corte su maduración. Esta última condición es aplicable a variedades graníferas, cuyo almidón puede convertirse a bioetanol de primera generación. El bagazo puede transformarse en bioetanol de segunda generación o con fines termoeléctricos, del mismo modo que se realiza con la caña de azúcar; es decir, que el sorgo dulce puede utilizarse para la producción de biocombustibles de primera y segunda generación al mismo tiempo. La producción de azúcar puede alcanzar las 9 t ha⁻¹ y 30 t MS de paja. Dependiendo de las zonas, se pueden obtener de 3 a 6 mil l ha⁻¹ de bioetanol (De Juana y Fernández, 2002; Camps y Marcos, 2008; San Miguel, 2008).

El bioetanol a partir de sorgo azucarado, producido con eficiencia y sostenibilidad, es capaz de satisfacer las demandas urgentes de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la calidad del aire y competir en precio con las energías convencionales (Cárdenas *et al.*, 2007). La cosecha se hace al inicio de la floración, impidiendo así la formación de grano: la primera entre los 60 y 80 días a partir de la siembra, la segunda y tercera, entre los 40 y 50 días después de la primera y segunda (Romero *et al.*, 2010).

Los tallos maduros contienen alrededor de 73 % de humedad. El jugo que se obtiene de ellos está compuesto básicamente por sacarosa, glucosa y fructosa, en proporciones que dependen de la variedad, temporada de cosecha y etapa de madurez (Mamma *et al.*, 1996).

De acuerdo a Woods (2000), en promedio un 15 % del peso del tallo corresponde a la porción fibrosa (hemicelulosa, celulosa y lignina). Si se analiza el bagazo de sorgo

dulce o el residuo que se obtiene después de extraer el jugo azucarado, los rangos de celulosa, hemicelulosa y lignina oscilan de 34–44 %, 25–27 % y 18–20 %, respectivamente (Ballesteros *et al.*, 2003).

1.3 Requerimientos edafoclimáticos

Habita sitios con climas Aw (sabana tropical), BW (desierto o árido), BS (estepa o semiárido) y Cf (subtropical húmedo), cuya temperatura media anual oscila de 7,8 a 27,8 °C (Duke, 1983).

El umbral de temperatura mínima para la germinación es de 10 °C, siendo el rango óptimo de 21 a 35 °C (Peacock, 1982). La temperatura óptima de crecimiento vegetativo oscila entre 27 y 35 °C (FAO-Ecocrop, 2004) mientras que la temperatura mínima de crecimiento es de 15,6 °C. Temperaturas superiores a 39 °C pueden resultar dañinas (Iglesias y Taha, 2010). La temperatura base para el subperíodo siembra-floración está entre 12,7 y 15,2 °C para genotipos de origen templado, y entre 14,6 y 15,7 °C para genotipos de origen tropical (Ruiz y Soltero, 1993). La temperatura óptima para el desarrollo fluctúa de 22 a 35 °C, aunque el rango de tolerancia abarca de 8 a 40 °C (FAO-Ecocrop, 2004). La estación de crecimiento para esta especie comienza y se mantiene mientras la temperatura media diaria sea igual o superior a 18 °C (Neild, 1982).

Es una especie de día corto (< 12 horas), aunque hay cultivares de día neutro (Dendy, 1995). La formación de la panoja y la floración se aceleran en días cortos y se retrasan en días largos (Baradas, 1994). Esto es especialmente importante para variedades graníferas.

Si bien puede habitar sitios que reciben de 250 a 700 mm, la óptima necesidad de agua oscila de 400 a 600 mm/ciclo, siendo la etapa más crítica la del llenado de grano. Según FAO-Ecocrop (2004), el óptimo de lluvia oscila de 600 a 1.000 mm anuales, siendo los límites extremos 300 y 3.000 mm.

Tiene alta tolerancia a la sequía y a ciertos periodos de encharcamiento, además de capacidad para detener el crecimiento frente a una sequía y reanudarlo después de ésta. Una sequía tardía puede detener el desarrollo de la hoja pero no la iniciación floral (Whiteman y Wilson, 1965).

Normalmente, cuando el sorgo está plenamente desarrollado, el 100 % del agua consumida se extrae de la primera capa del suelo (1 a 2 m). En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm/día, habiéndose agotado alrededor del 55 % del agua total disponible en el suelo, no reduce la absorción de agua (Doorenbos y Kassam, 1979).

Prefiere suelos profundos de texturas medias y con buen drenaje (Doorenbos y Kassam 1979). Su rango de pH oscila de 5,0 a 8,5, con un óptimo alrededor de 7,0 (FAO, 1994). Se desarrolla bien en suelos alcalinos, especialmente las variedades azucaradas que requieren carbonato cálcico para aumentar su contenido en sacarosa en tallos y hojas. Es considerado un cultivo moderadamente tolerante a la salinidad del suelo. Doorenbos y Kassam (1979) afirman que la merma de rendimiento por la salinidad del suelo bajo riego es: 10 % para una conductividad eléctrica de 5.1 mmhos cm⁻¹, 25 % para 7,2 mmhos cm⁻¹, 50 % para 11 mmhos cm⁻¹ y 100 % para 18 mmhos cm⁻¹.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El área de estudio es la República Argentina que cuenta con una superficie total de 3.761.274 km². Por el norte limita con el Estado Plurinacional de Bolivia, la República del Paraguay y la República Federativa del Brasil, por el sur con la República de Chile y el océano Atlántico Sur, por el este con la República Federativa del Brasil, República Oriental del Uruguay y el océano Atlántico Sur, mientras que por el oeste limita con la República de Chile.

El punto septentrional es la confluencia de los ríos Grande de San Juan y Mojinete, en la provincia de Jujuy (21°46' S; 66°13' O). El punto meridional es el Cabo San Pío (55° 03' S; Longitud 66°31' O). El extremo este corresponde a la localidad de Bernardo de Irigoyen, en la provincia de Misiones (26°15' S; 53°38' O), mientras que el extremo oeste representa un punto ubicado en el Parque Nacional Los Glaciares, provincia de Santa Cruz (50°01'S; 73°34' O).

2.2 La zonificación agroclimática

Conociendo las necesidades bioclimáticas del *Sorghum bicolor*, con base en toda la bibliografía citada en el apartado anterior, se procedió a elaborar un modelo de zonificación agroclimática empleando datos climáticos correspondientes al período 1981-2010 de las estaciones meteorológicas y agrometeorológicas presentes en Argentina.

Para definir las regiones térmicas, en una primera instancia se tuvo en cuenta la isoterma de 8 °C correspondiente a la temperatura media anual; luego se consideró la temperatura media del semestre cálido

(octubre a marzo) que debe ser igual o superior a 18 °C mientras que la temperatura media de verano (diciembre a marzo) debe superar los 22 °C si el objetivo es producir el grano, siendo 18 °C el límite si se busca un tallo sucro-alcoholero.

Además, resulta indispensable contar con un período libre de heladas superior a los 150 días, lo que garantiza el período de crecimiento de la especie. En caso de no contar con esos días libres de heladas, califica como área no apropiada.

Debido a que el crecimiento de sorgo dulce se detiene cuando la temperatura es superior a 39 °C, se consideró la probabilidad de que ocurran temperaturas máximas absolutas de 39 °C o superiores. Las áreas que presentan esta condición están indicando un grado de limitación por temperaturas muy elevadas.

Para analizar las regiones hídricas, se tuvieron en cuenta las isoyetas correspondientes a los 250, 450, 600 y 1.000 mm anuales, calificando como área no apropiada aquella que no alcanza el umbral mínimo de los 250 mm, área marginal cuando se reciben de 250 a 450 mm y área apropiada en el rango de 450 a 600 mm. El rango de 600 a 1.000 mm anuales representa el óptimo de lluvia mientras que precipitaciones superiores a 1.000 mm delimitan otra zona apropiada.

Si se reciben menos de 250 mm, pero se cumplen las otras necesidades bioclimáticas, podría implementarse el riego complementario y aumentar el área agroclimáticamente apta, pero como se trata de un cultivo extensivo con fines energéticos, no resulta recomendable el uso del riego complementario.

La superposición de los mapas anteriores permitió definir las clases de aptitud agroclimática para el cultivo del sorgo dulce en Argentina. Los límites de cada clase de aptitud se presentan en el **cuadro 1**.

3. Resultados y discusión

3.1 Regiones térmicas

Se agregó como **figura 1** la división política de Argentina con la nomenclatura de las provincias a los fines de que lectores no residentes en el país puedan interpretar mejor los resultados.

Las isotermas medias anuales permiten dividir al país en tres grandes áreas térmicas: tropical, donde la temperatura media anual supera los 20 °C; templado, entre las

isotermas de 20 °C y de 10 °C y por último, frío, donde la temperatura media anual es inferior a los 10 °C.

En la **figura 2** se presenta la temperatura media anual >8 °C. El área delimitada como apropiada para el sorgo dulce, incluye clima templado y tropical. En dicha figura se puede apreciar que no existen limitaciones para el sorgo en Argentina por temperatura media anual, ya que hasta en el NE de la provincia de Santa Cruz se registran temperaturas medias anuales superiores a 8 °C.

En la **figura 3** se muestra la temperatura media del semestre cálido superior a 18 °C. De la misma se infiere que la mayor parte del país presenta aptitud apropiada. Las áreas no apropiadas cubren el noroeste argentino y gran parte de la Patagonia

Cuadro 1. Clases de aptitud agroclimática definidas para el sorgo dulce.

Fuente: elaboración propia

Clase de aptitud agroclimática	Temperatura media anual (°C)	Temperatura media semestre cálido (°C)	Temperatura media de verano (°C)	Periodo libre de heladas (días)	Precipitación anual (mm)
Muy apropiada (húmedo)	> 8	> 18	25-27	> 150	> 1.000
Apropiada (húmedo)	> 8	> 18	22-25	> 150	> 1.000
Óptima (subh-húmedo)	> 8	> 18	25-27	> 150	600-1.000
Muy apropiada (subh-húmedo)	> 8	> 18	22-25	> 150	600-1.000
Apropiada (subh-húmedo)	> 8	> 18	18-22	> 150	600-1.000
Muy apropiada (subh-seco)	> 8	> 18	22-25	> 150	450-600
Apropiada (subh-seco)	> 8	> 18	18-22	> 150	450-600
Apropiada con limitación térmica estival	> 8	> 18	< 18	> 150	450-600
Marginal	> 8	> 18	18-22	> 150	250-450
No apropiada	< 8	< 18	< 18	< 150	< 250

(sudoeste de Neuquén, oeste de Chubut y la totalidad de las provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego).

En la **figura 4** se presenta la temperatura media de verano, donde se distinguieron 4 zonas bien diferenciadas. El área no apropiada muestra una temperatura media

de verano inferior a 18 °C. Las áreas apropiadas registran temperaturas en el rango de 18 a 22 °C, las muy apropiadas de 22 a 25 °C mientras que las áreas óptimas, de 25 a 27 °C.

Las isotermas en la zona de llanuras siguen el recorrido de los paralelos terres-

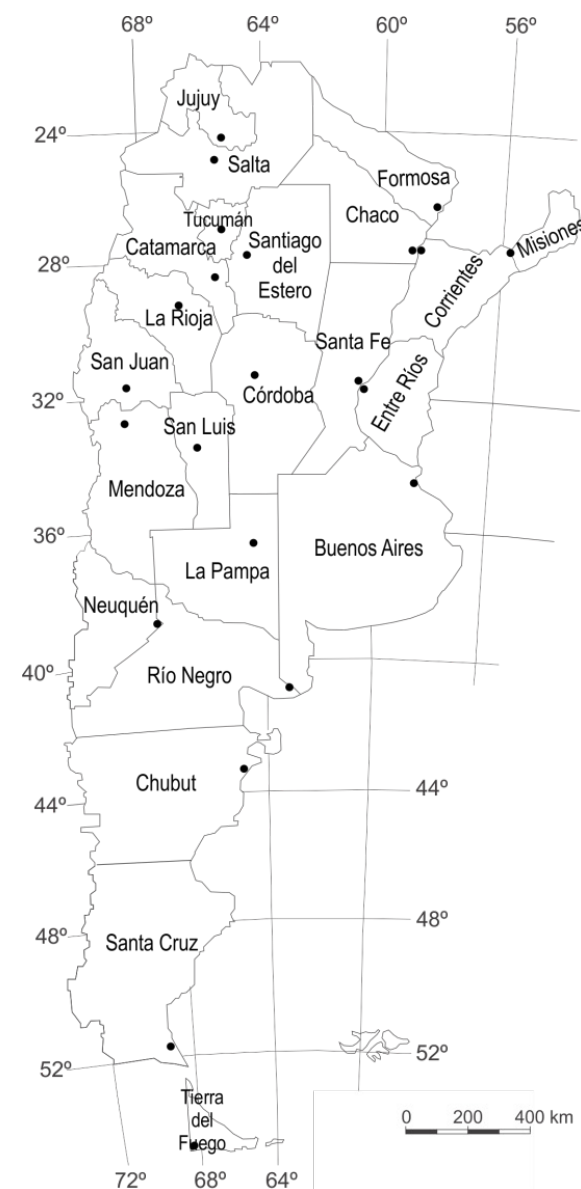


Figura 1. División política de Argentina

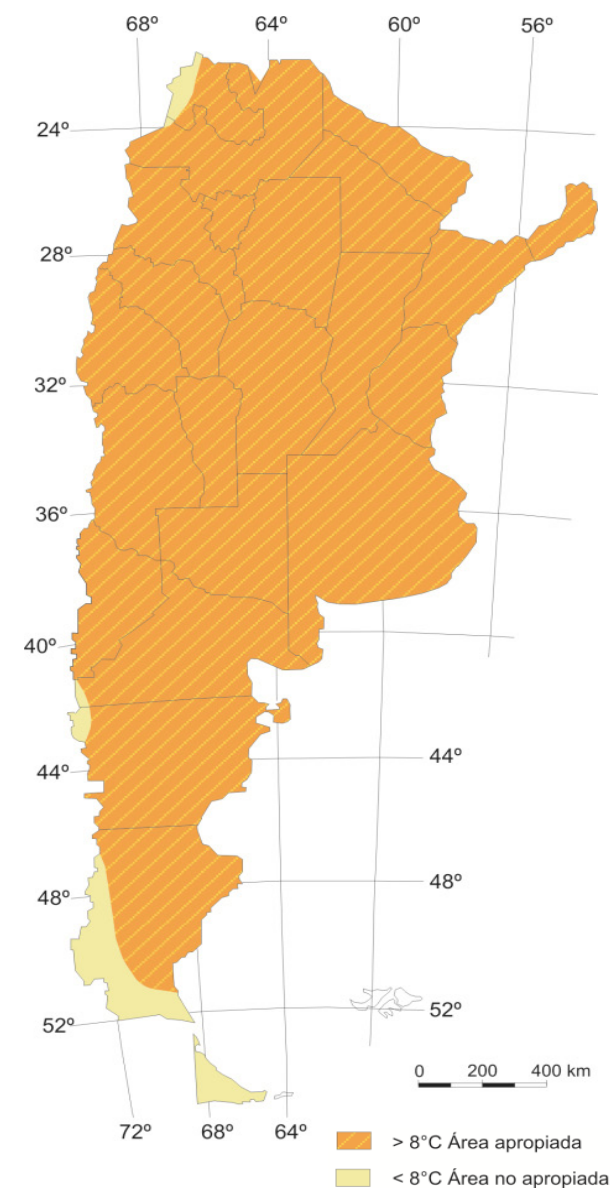


Figura 2. Temperatura media anual

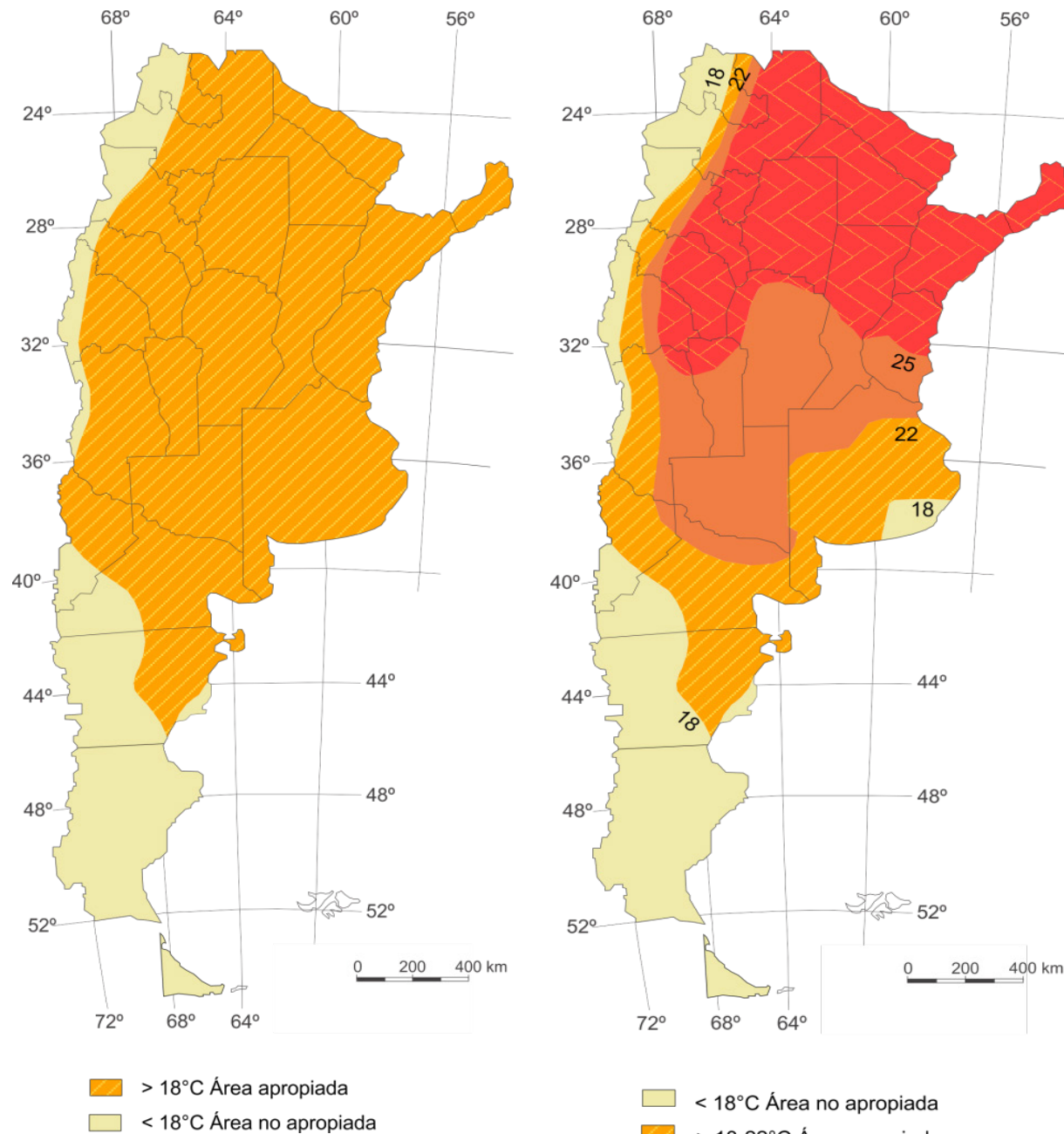


Figura 3. Temperatura media semestre cálido

Figura 4. Temperatura media verano

tres, desde el este al oeste y bien espaciadas entre sí. Al llegar a la cordillera de los Andes sufren una inflexión hacia el norte, debido al factor altitud, muy notorio en las isotermas de 18 °C, 22 °C y 25 °C. Otras inflexiones se aprecian debido a la presencia de serranías: sierras Pampeanas en el centro del país, que desvía hacia el N la isoterma de 25 °C, mientras que las sierras de Tandilia y Ventania, en la provincia de Buenos Aires, desvían la isoterma de 22 °C. El sur de la provincia de Buenos Aires goza de un clima más fresco en verano que el resto de la provincia por el efecto de oceanidad, y debido a la influencia de la corriente fría de Las Malvinas. En el centro de la provincia actúa el factor de altitud, aumentando la amplitud térmica diaria.

La **figura 5** muestra la zona del país que registra una temperatura máxima absoluta > 39 °C con un período de recurrencia de 4 cada cinco años. El llamado viento Norte es el que genera las temperaturas máximas y la advección de aire cálido penetra en el país tanto más al sur cuanto más avanzada está la estación estival. El sorgo es altamente sensible a la ocurrencia de temperaturas extremas en distintas etapas de su crecimiento, afectando de esta forma su rendimiento. Las áreas del país que presentan limitaciones por temperaturas máximas extremas > 39 °C cubren parte de las provincias del Chaco, Formosa, Salta, Santiago del Estero, La Rioja, Catamarca y San Juan. Los años en que se registren temperaturas > 39 °C significarán una merma en los rendimientos del sorgo azucarado en esas zonas.

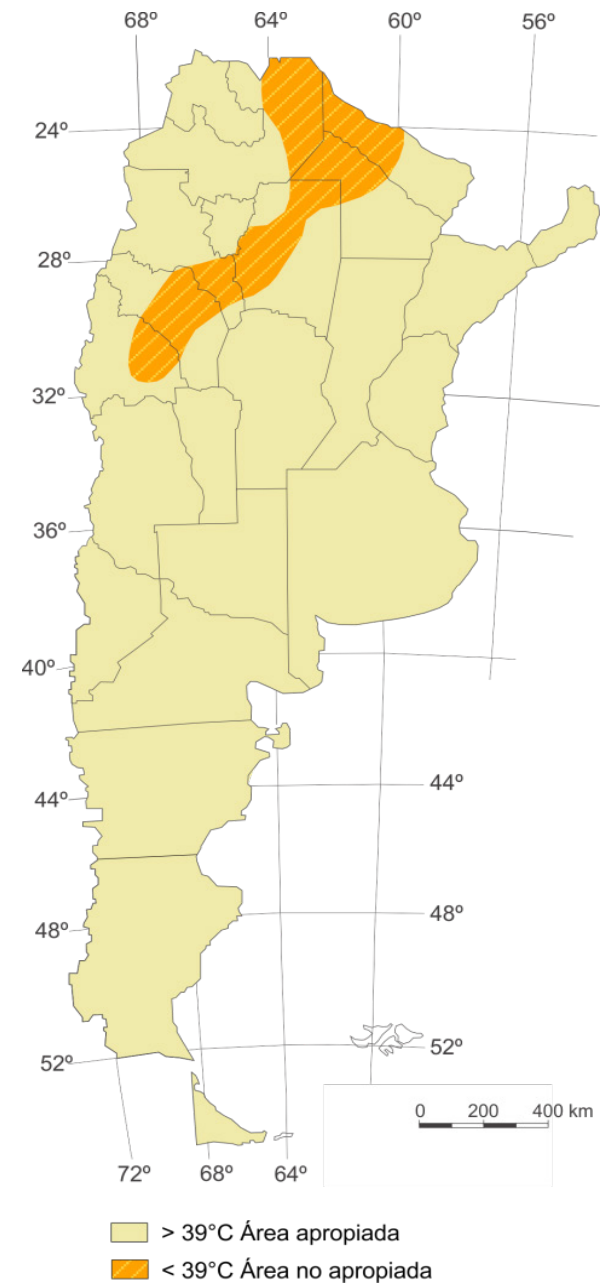


Figura 5. Temperatura máxima absoluta > 39 °C (p: 80 %)

3.2 Período medio libre de heladas de heladas

Cada año la ocurrencia de la primera helada (otoño) y de la última helada (primavera) causa daños a los cultivos en diferentes regiones climáticas. La información sobre las fechas probables, de días libres de heladas ayuda a los agricultores a reducir los daños causados por ellas. En Argentina hay una gran dispersión de las fechas medias de primera y última helada (aproximadamente 30 días). Esto significa que la primera o última helada puede ocurrir 30 días antes o después de la fecha media. Esta variación se debe al efecto combinado de la gran variabilidad asincrónica de la temperatura y la tensión térmica escasa en el momento en que se producen las heladas. Esto sucede por la facilidad de la entrada de masas de aire polar en la dirección Sur-Norte y la poca amplitud térmica anual, ya que Argentina se encuentra bajo la influencia marítima. El valor máximo de días libres de heladas es de 360 días en el noreste de Argentina y disminuye hacia el suroeste del país. El aumento de la longitud del período de heladas se asocia con un aumento en el número de días con heladas. Al analizar la **figura 6**, referida al período medio libre de heladas > 150 días, se observan restricciones en todo el sector patagónico a excepción de la zona del litoral, cuyas heladas están amortiguadas por el efecto de oceanidad que le imprime el océano Atlántico.

3.3 Regiones hídricas

La **figura 7** muestra las regiones hídricas, las cuales se diferenciaron en 5 clases de aptitud: no apropiada, marginal, apropiada (clima húmedo), apropiada (clima subhú-

medo-seco) y óptima. Las isoyetas al norte de la región Patagónica muestran el gradiente de humedad en el sentido este-oeste debido a la influencia 'Atlántica'. Las áreas óptimas presentan clima subhúmedo-húmedo y comprenden el norte, noroeste y centro de Argentina, incluyendo la mayor parte de la provincia de Buenos Aires. Hacia el este y hacia el oeste de la zona óptima se delimitan sendas áreas apropiadas, una con régimen húmedo y la otra con régimen subhúmedo-seco, respectivamente.

En las llanuras argentinas, las precipitaciones tienen su origen en una continua lucha entre masas de aire: los vientos húmedos provenientes del anticiclón del Atlántico Sur que penetran por el norte de Argentina y alcanzan el territorio central, con los vientos secos de la región patagónica, que varían en fuerza relativa de acuerdo con la estación del año. Vientos cálidos dominantes entran libremente por el norte del territorio y alcanzan el centro del país durante la estación cálida descargando gran cantidad de precipitaciones, pero se van desecando en su trayecto hacia el oeste. Como consecuencia del desplazamiento del anticiclón del Atlántico Sur hacia el norte en el invierno del hemisferio sur, un vasto sector de la Argentina carece de lluvias, las cuales solo llegan a producirse en la parte oriental del territorio. Debido a esto, las regiones del centro-este y noreste de Argentina son ambientes húmedos con régimen isohigro.

En cambio, al sur del río Colorado las masas de aire húmedo provienen del anticiclón del Pacífico Sur, los cuales siempre dominan el territorio patagónico. La precipitación anual oscila en el sector cordillerano desde más de 2.000 mm en la zona de

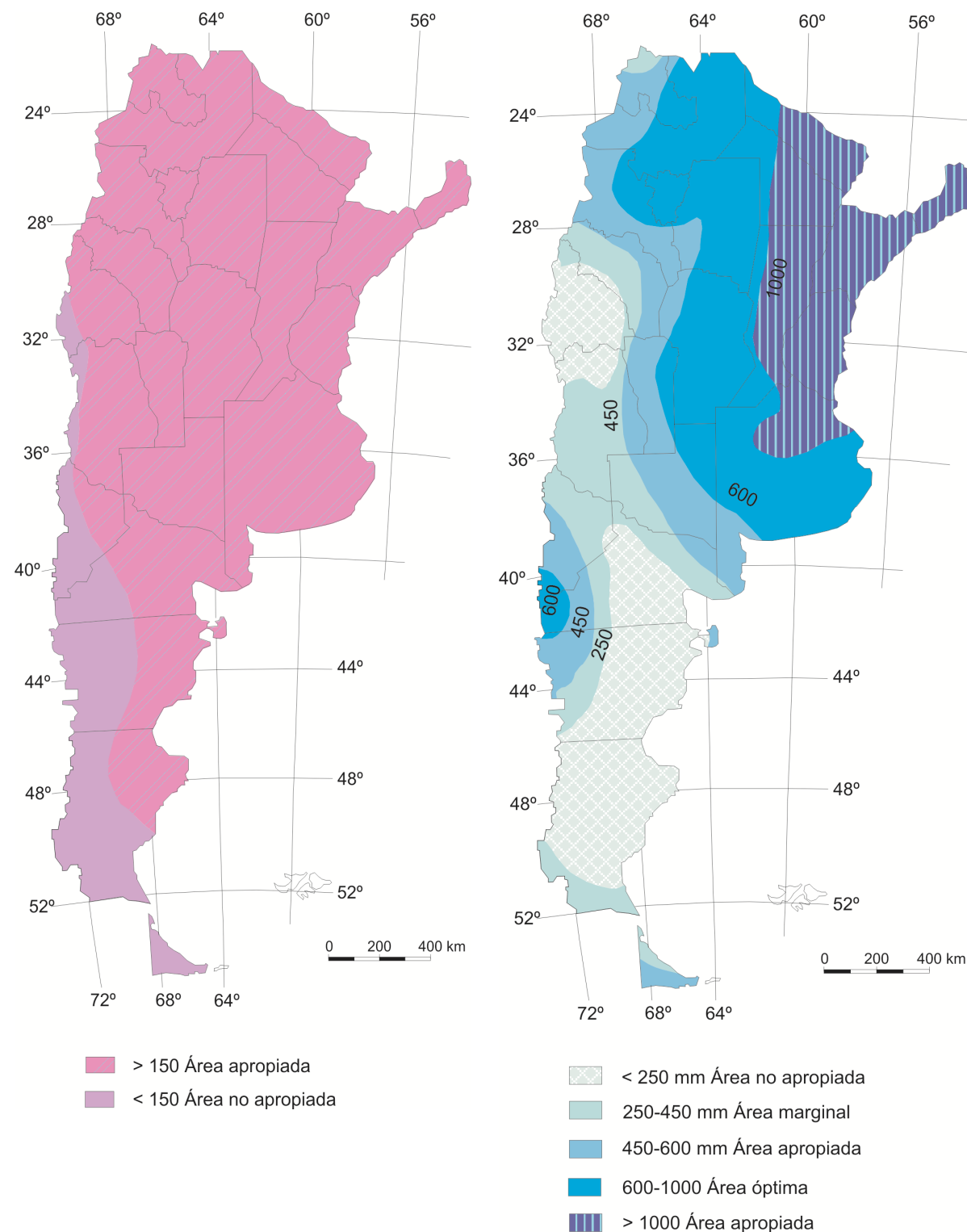


Figura 6. Período medio libre de heladas

Figura 7. Precipitación anual

los bosques Andino-Patagónicos a 150 mm en las partes más secas de la Patagonia, mostrando el gradiente de humedad oeste-este.

3.4 Zonificación agroclimática para el sorgo dulce

Finalmente, en la **figura 8** se muestra la aptitud agroclimática de Argentina para el cultivo de sorgo dulce, obtenida a partir de la superposición de los seis mapas anteriores. Se delimitaron diez clases de aptitud: muy apropiada, apropiada con régimen húmedo, óptima, muy apropiada y apropiada, ambas con régimen subhúmedo-húmedo, apropiada con limitación térmica estival, muy apropiada y apropiada, ambas con régimen subhúmedo-seco, marginal y no apropiada.

En dicho mapa se aprecia que las áreas apropiadas para el cultivo del sorgo dulce alcanzan hasta los 40° S. Esto es coincidente con FAO-Ecocrop (2004) y con las zonas sorgueras definidas por el INASE (2011). Lo recomendable sería realizar el cultivo del sorgo dulce bajo condiciones de clima subhúmedo-húmedo y subhúmedo-seco, para no desplazar a los cultivos tradicionales que se desarrollan en las zonas agrícolas bajo condiciones de clima húmedo. Por lo tanto, deberá realizarse el cultivo preferentemente en la zona central y norte del país.

En el norte argentino, la inclusión del sorgo dulce en la actividad agroindustrial de la caña de azúcar, como cultivo de rotación de la soja y reemplazando a la caña de azúcar en suelos con baja retención hídrica y/o con salinidades medias, aumentará la disponibilidad de materia prima para las destilerías de bioetanol en los meses

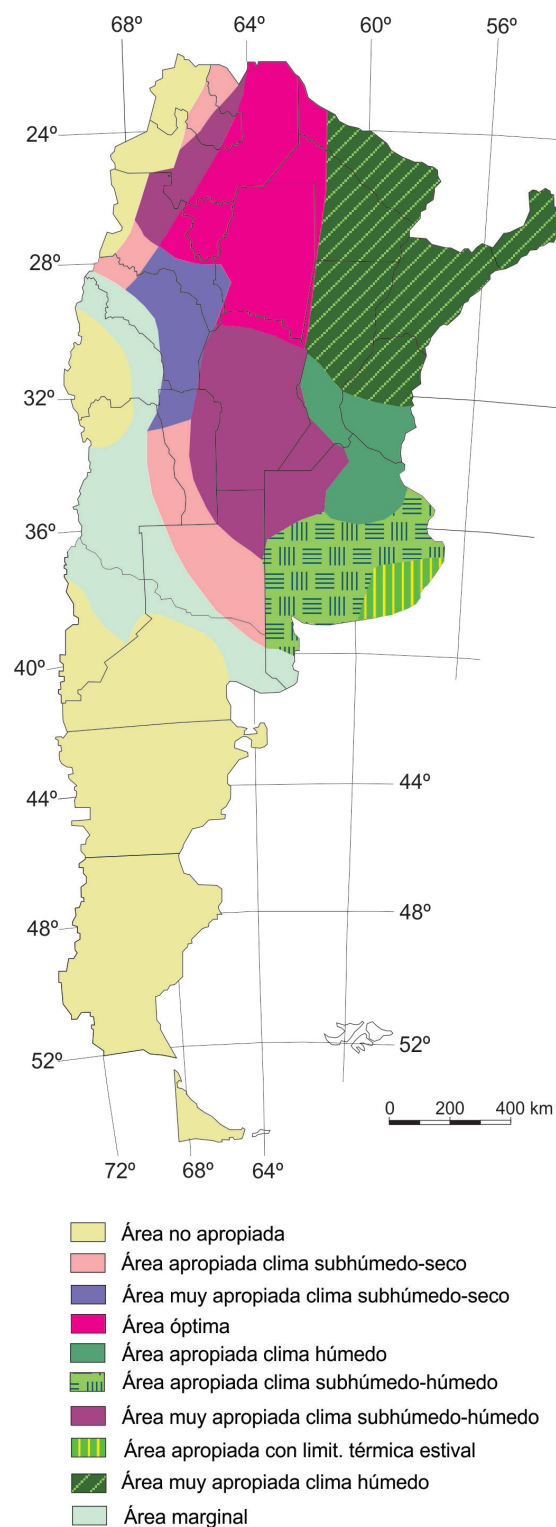


Figura 8. Aptitud agroclimática argentina para sorgo dulce

anteriores a la zafra (ya que el sorgo se cosecharía durante marzo, abril y parte de mayo), aportando asimismo biomasa fibrosa para su empleo como biocombustible sólido o para bioetanol de segunda generación. La rotación con sorgo genera un alto volumen de rastrojos con una lenta descomposición, aportando nutrientes al suelo. Además, contribuirá, al contenido de materia orgánica del suelo y disminuirá las pérdidas de agua por evaporación, mejorando la infiltración del agua de lluvia.

El cultivo del sorgo dulce puede transformarse en una excelente oportunidad para los productores argentinos. Incluso, en años secos, el sorgo dulce puede transformarse en un cultivo alternativo para integrar la rotación en la zona húmeda oriental de Argentina dada su adaptación natural al estrés hídrico, manteniendo su latencia durante períodos prolongados de sequía, y retomando su capacidad de crecimiento una vez que la sequía haya finalizado.

Como la obtención de etanol a partir de sorgos azucarados proviene de los azúcares presentes en el tallo (a diferencia del maíz o del sorgo granífero, donde se utiliza el almidón presente en los granos), no es necesario llegar a la etapa reproductiva, por lo que la zona agroclimáticamente apta para el sorgo dulce debería ser más amplia que para el sorgo granífero. Por ello, la determinación de la fecha óptima de corte, la evolución de azúcares en el tiempo y la respuesta a la densidad de siembra son factores cruciales a investigar para lograr los máximos rendimientos.

El sorgo ha tenido una evolución positiva en rendimientos, gracias a mejoras genéticas y, sobre todo, al aporte innova-

tor y creativo de los productores locales. Gracias a estos rendimientos, Argentina ha ido consolidando su posición como exportador de grano de sorgo a nivel mundial, ya que lidera el ranking por rendimiento entre los 10 mayores países productores del mundo. Podría suceder algo similar con el sorgo dulce, ya que el bioetanol de primera generación a partir de esta variedad posee una elevada sostenibilidad ambiental, económica y energética. Por otro lado, la simplicidad técnica del procesamiento y explotación de los subproductos garantiza la viabilidad económica de las plantas descentralizadas de pequeña y mediana escala, de un máximo de 15.000 toneladas al año, por lo que sería una alternativa interesante para pequeñas y medianas empresas. Además, la utilización de sorgo dulce para producir biocombustible tendrá un mínimo impacto sobre el mercado alimentario mundial porque tiene escasa demanda como alimento humano, contrariamente con lo que sucede con el maíz.

4. Conclusiones

Las autoras han diseñado un modelo de zonificación agroclimática para el cultivo de sorgo dulce con fines energéticos, donde se delimitaron diez clases de aptitud para Argentina. Las áreas apropiadas llegan hasta los 40° S.

Se recomienda su cultivo bajo condiciones de clima subhúmedo-húmedo y subhúmedo-seco, es decir en la zona central y el norte del país, debido a su baja exigencia hídrica.

La inclusión del sorgo dulce en la actividad cañera agroindustrial, permitirá aumentar el suministro de materia prima en las destilerías argentinas de bioetanol

en los meses previos al inicio de la zafra, aportando asimismo biomasa fibrosa para su empleo como biocombustible sólido o para bioetanol de segunda generación

En años secos podría recomendarse su cultivo en la zona agrícola tradicional aprovechando su adaptación a bajos regímenes hídricos.

6. Referencias citadas

- BALLESTEROS M.; M OLIVA, J.; NEGRO, M. J.; MANZANARES, P. y I. BALLESTEROS. 2003. "Ethanol from lignocellulosic materials by a simultaneous saccharification and fermentation process (SFS) with *Kluyveromyces marxianus* CECT 10875". *Process Biochemistry*, 39: 1.843-1.848.
- BARADAS, M. W. 1994. Crop requirements of tropical crops. In: J. F. GRIFFITHS (ed.). *Handbook of agricultural meteorology*, 189-202. Oxford Univ. Press. New York.
- BLADE. *Energy Crops*. 2012. Managing High-Biomass Sorghum as a Dedicated Energy Crop. Disponible en: <http://www.bladeenergy.com/Bladepdf/BladeEnergy-Crops-ProductGuide-2012.pdf>. [Consulta: noviembre 12, 2014].
- CAMPS, M. y F. MARCOS. 2008. *Los biocombustibles*. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- CÁRDENAS, G. J.; DIEZ, O. y E. QUAIA. 2007. "Bioetanol: un combustible con posibilidades productivas en Tucumán". *Avance Agroind*, 28(1): 9-11.
- DE JUANA, J. y J. FERNÁNDEZ. 2002. *Energías renovables para el desarrollo*. Thomson Paraninfo. Madrid, España.
- DENDY, D.A. 1995. "Sorghum and Millets: Chemistry and Technology". *American Association of Cereal Chemists*, 11-26. Inc., St. Paul, Minnesota. USA.
- DUKE J. K. 1983. *Handbook of Energy Crops*. Disponible en: https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Sorghum_bicolor.html. [Consulta: agosto 2, 2014].
- DOOREMBOS, J. y A. H. KASSAM. (eds.) 1979. *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage. Paper 33. Rome, Italy.
- EL CRONISTA. *En un año la Argentina duplicó la importación de nafta y gasoil. 13 de mayo de 2014*. Disponible en: <http://www.cronista.com/economiapolitica/En-un-año-la-Argentina-duplico-la-importacion-de-nafta-y-gasoil-20140513-0058.html> [Consulta: septiembre 9, 2014].
- FAO-Ecocrop 1. 1994. *The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database*. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.
- FAO-Ecocrop. 2004. *The Crop Environmental Requirements Database and The Crop Environmental Response Database*. [Consulta: septiembre, 2014. Disponible en: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=1982>.
- IGLESIAS, R. y E. TAHA. 2010. *Monografías de especies anuales, arbustivas y acuícolas con potencial energético en Chile*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Chile.

- INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS (INASE). 2011. *Evaluación de sorgo dulce para producción de etanol. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo y sorgo dulce*, 31-44.
- LEY 26.093. 2006. *Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles*. Infoleg / Ministerio de Economía. Buenos Aires. 19 de abril de 2006. Disponible en: <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/115000.../norma.htm>.
- MAMMA, D.; KOULLAS, D.; FOUNTOUKIDIS, G.; KEKOS, D.; MACRIS, B. J. y E. KOUKIOS. 1996. "Bioethanol from sweet sorghum: simultaneous saccharification and fermentation of carbohydrates by a mixed microbial culture". *Process Biochemistry*, 31: 377-381.
- NEILD, R. E. 1982. "Temperature and rainfall influences on the phenology and yield of grain sorghum and maize: a comparison". *Agricultural Meteorology*, 27: 79-88.
- PEACOCK, J. M. 1982. Response and tolerance of sorghum to temperature stress. Sorghum in the Eighties. *Proceedings of the International Symposium on sorghum*. ICRISAT. 143-160. India.
- Resolución N° 44/2014. Biocombustibles Naftas-Proporción de Bioetanol-Modificación Resolución N° 1294/2008. Publicada en el Boletín Oficial del 22-sep-2014. N° 32.973; Pág. 5. Disponible en: <http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do;jsessionid=1E930B65E894DB35A410D60536957F08?id=235362>. [Consulta: septiembre 22, 2014].
- ROMERO, E. R.; CÁRDENAS, G; SCANDALIARIS, J. y S. CASEN. 2010. "Aprovechamiento bioenergético integral de la caña de azúcar y sorgo azucarado en el NOA. Importancia y perspectivas". *Avance Agroind*, 31(3): 19-25.
- RUIZ, C. y D. SOLTERO. 1993. "Necesidades térmicas para la floración de sorgo en la Ciénaga de Chapala". *Fitotecnia*, 16(1): 79-87.
- SAN MIGUEL, P. 2008. "Demanda y producción de agrocombustibles en España y en la Unión Europea". *Revista Tierra*, 13: 29-37.
- WHITEMAN P. C. y G. L. WILSON. 1965. "The influence of shoot removal on drought survival of sorghums". *Papers*, 4: 223-239.
- WOODS, J. 2000. *Integrating sweet sorghum and sugarcane for bioenergy: modelling the potential for electricity and ethanol production in SE Zimbabwe*. King's College London, University of London, Gran Bretaña. Tesis de Doctorado en Filosofía.

Lugar y fecha de culminación:
Buenos Aires, Argentina,
17 de diciembre de 2014

Amenaza hidrogeomorfológica

en microcuencas de la vertiente sur del Parque Nacional Waraira Repano, Distrito Capital, Venezuela

Hydro-geomorphological hazard in catchments of the Waraira Repano National Park south hillside, Distrito Capital, Venezuela

William Méndez

Larry Rivas

Eduardo Fernández

Ybrahim Díaz

Marielis Arévalo

Noraima Correa

Universidad Pedagógica Experimental Libertador,
Instituto Pedagógico de Caracas,
Centro de Investigación 'Estudios del Medio Físico Venezolano',
Caracas (Distrito Capital), Venezuela.
williamsmendez@gmail.com
rivaslarry@gmail.com
fernandez_ej@hotmail.com
yddp_8@hotmail.com
marielisvanesa@hotmail.com
noraima-c@hotmail.com

Resumen

Recurrentemente las crecidas ocurridas en las quebradas Catuche, Anauco y Gamboa y en el río Cotiza, han afectado severamente a los barrios y urbanizaciones asentados sobre sus abanicos aluviales. De allí la necesidad de evaluar la amenaza hidrogeomorfológica en sus microcuencas, y en particular la generación de crecidas. La metodología consideró la evaluación de las condiciones hidráulicas de los cauces principales y grados de intervención antrópica, fotointerpretación geomorfológica, caracterización del régimen pluviométrico, mediciones y cálculos de parámetros morfométricos de las microcuencas, estimación de los tiempos de concentración, análisis de eventos extremos de precipitación y estimación de caudales picos de crecientes. Las respuestas hidrológicas violentas están controladas por los parámetros morfométricos de las microcuencas y de sus redes de drenaje, así como por las dimensiones de las tormentas y la intensidad y duración de las lluvias, que generan caudales pico en las crecientes de magnitudes importantes para distintos períodos de retorno.

Palabras clave: amenaza, hidrogeomorfología; microcuenca; creciente; Parque Nacional Waraira Repano.

Abstract

Repeatedly, the flashfloods occurred in the Catuche, Anauco and Gamboa creeks and in the Cotiza river have severely affected neighborhoods and urban areas settled on their alluvial fans. Hence, it is necessary to assess the hydro-geomorphological hazard in their catchments and particularly the generation of flashfloods. The methodology considered the evaluation of the hydraulic conditions of the main channels and levels of human intervention, geomorphological photo-interpretation, characterization of rainfall patterns, measurements and calculations of morphometric parameters of the catchments, estimation of the concentration times, analysis of extreme rainfall events and estimation of flashflood peak discharges. Sudden hydrological responses are controlled by the morphometric parameters of the catchments and their drainage networks, as well as the dimensions of storms and the intensity and duration of rainfalls, which form significant flashflood peak discharges for different return periods.

Key words: hazard, hydrogeomorphology; catchment; flash-flood; Waraira Repano National Park.

1. Introducción

El crecimiento demográfico y urbano que ha experimentado Caracas, nuestra ciudad capital, desde su fundación en el período colonial, y en particular de la manera vertiginosa como comenzó a desplegarse (metropolización) a partir de la segunda década del siglo XX (De Lisio, 2001), hasta nuestros días, han propiciado paralelamente el emplazamiento de desarrollos ocupacionales en áreas inestables desde el punto de vista geológico, geotécnico y geomorfológico.

La inexistencia de suficientes espacios relativamente más estables, ha obligado al asentamiento de urbanizaciones y barrios en áreas morfodinámicamente activas, como por ejemplo al norte del río Guaire, donde las comunidades están ubicadas sobre depósitos aluvio-torrenciales que han sido transportados por las quebradas que drenan desde la vertiente sur de 'El Ávila'. Tal es el caso que nos ocupa de las quebradas Catuche, Anauco Gamboa y del río Cotiza, cuyas comunidades han sido impactadas en repetidas ocasiones por crecidas y aludes torrenciales (Singer *et al.*, 1983; Singer, 2010).

En tal sentido, señala Cilento (2002), que el paso de las localidades del Área Metropolitana de Caracas (AMC) de espacios contenidos, a territorio contenedor del ecosistema 'El Ávila', está claramente expresado en el hecho de que todos los lechos de los ríos y quebradas de su vertiente sur atraviesan la ciudad, incluso por debajo. De esta forma, apunta nuevamente Cilento (2002), 'El Ávila' no sólo representa el llamado 'pulmón vegetal' de Caracas, sino también la fuente de mayor amenaza para sus habitantes.

Es por ello necesario evaluar las condiciones de amenaza hidrogeomorfológica presentes en las microcuencas de estos cursos de agua, a fin de comprender su comportamiento hidrológico y morfodinámico, con la finalidad de recomendar algunas medidas para prevenir y/o mitigar los efectos de eventos naturales (crecidas y aludes torrenciales) sobre las comunidades asentadas en las áreas de influencia.

Entre algunos de los aportes que se han realizado en términos de evaluación de la amenaza hidrogeomorfológica en cuencas ubicadas en el Parque Nacional Waraira Repano, caben mencionar los llevados a cabo por: Córdova y González (2003); Artigas *et al.* (2004); Aguirre y Jáuregui (2006); Bello *et al.* (2006); Fangqiang *et al.* (2006); Hernández (2006); Hong *et al.* (2006); López *et al.* (2006a); López *et al.* (2006b); Salcedo (2006); Shucheng *et al.* (2006); Méndez *et al.* (2007); Artigas y Córdova (2010); Córdova y González (2010); y Méndez (2014).

2. Área de estudio

El área de estudio está situada geográficamente en la Región Centro Norte del territorio venezolano, específicamente en el sector noroeste de la ciudad de Caracas; fisiográficamente se ubica en el extremo occidental de la vertiente sur del macizo 'El Ávila' (Figura 1). Político-administrativamente se circunscribe a la jurisdicción del municipio Libertador del Distrito Capital, así como a la del Área Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) Parque Nacional 'Waraira Repano'. La localización geoastronómica está definida por las coordenadas $10^{\circ}31'17''$ y $10^{\circ}33'20''$ de latitud Norte y $66^{\circ}52'20''$ y $66^{\circ}55'40''$ de longitud Oeste.

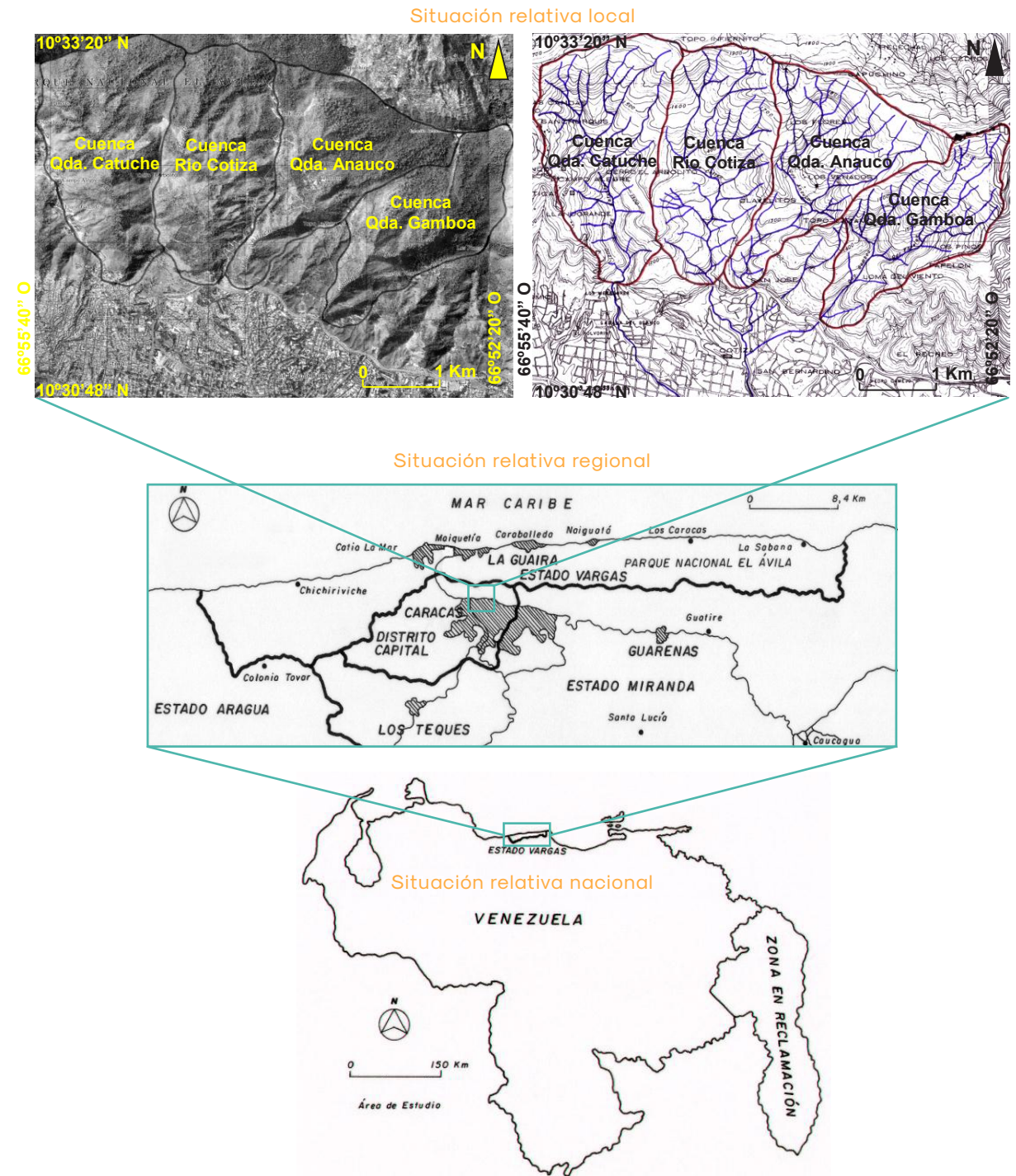


Figura 1. Localización de las microcuencas de las quebradas Catuche, Anauco y Gamboa y del río Cotiza, vertiente sur del Parque Nacional Waraira Repano, Caracas, Distrito Capital, Venezuela. Fuente: Dirección de Cartografía Nacional [DCN], 1979; Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional [SAGECAN], 1995

Desde el punto de vista geológico-estructural, en la parte baja del área se extiende la traza principal de la falla de El Ávila con rumbo promedio N83°O y alta inclinación promedio hacia el sur (Audemard *et al.*, 2000). La litología está compuesta por unidades de rocas metamórficas correspondientes a los litodemos Augengneis de Peña de Mora, Complejo San Julián, Esquistos Las Mercedes y Anfibolita de Nirgua, y por los depósitos fluvio-torrenciales que conforman a los abanicos aluviales (Urbani y Rodríguez, 2004).

El relieve se caracteriza por presentar una topografía abrupta y escarpada en el sector montañoso del área, con vertientes de fuertes pendientes superiores a 45 %, y alturas entre 957 msnm y 2.113 msnm; en contraste con una topografía más suavizada en la parte baja del área (abanicos aluviales), con pendientes no mayores al 10 %, y alturas entre 870 msnm y 957 msnm.

El clima presenta rangos pluviométricos promedios anuales entre 1.379,3 mm y 732,9 mm (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMEH], 2010), con temperaturas medias anuales entre 15 °C y 21 °C. Los tipos climáticos imperantes corresponden a los de Tropical Lluvioso de Sabana (Awi) y Templado Moderado Lluvioso (Cwh, Cwi y Cwk), (Álvarez *et al.*, 1968).

Los suelos en general son ácidos con pH entre 4,3 y 5,2, de baja fertilidad, y pertenecientes a los órdenes Inceptisoles y Oxisoles. La vegetación varía en función de la altitud, reconociéndose las formaciones: bosques tropófilos o deciduos, bosques semideciduos, sabanas y herbazales, bosques transicionales, bosques siempre verdes montanos (bosques nublados) y bosques de galería (Carrero *et al.*, 1983; Petróleos de Venezuela, S.A., 1993).

Las actividades económicas en el sector montañoso se concentran en algunos enclaves agrícolas así como en el turismo, además de estar protegida mayoritariamente el área bajo la figura de Parque Nacional. Por el contrario, en la parte baja del área, dominada por la dinámica urbana, y representada por desarrollos residenciales e informales, destacan las actividades correspondientes al comercio, servicios, industria y economía informal.

3. Materiales y métodos

La metodología comprendió inicialmente, la ejecución de un trabajo de campo en el área de estudio, para observar y registrar información referente a: características de los materiales depositados en los cauces de las quebradas y el río, condiciones hidráulicas de los cauces principales y evidencias de intervención antrópica.

La cartografía base consistió de cartas topográficas a escala 1:25.000 [Dirección de Cartografía Nacional (DCN), 1979] y planos topográficos a escala 1:5.000 [DCN, 1958; Gobernación del Distrito Federal (GDF), 1984], los cuales se digitalizaron con apoyo en el software *ArcGIS 9.2* y sus módulos *ArcHydro* y *Spatial Analysis* para SIG. Se realizó el trazado de perímetros y realce de las redes de drenaje de las microcuencas.

Se llevó a cabo una interpretación geomorfológica preliminar con apoyo en imágenes *Google Earth* (2014), ortofotomapas a escala 1:25.000 [Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional (SAGE-CAN), 1995], y la cartografía base.

El estudio de la distribución espacio-temporal de las precipitaciones se basó en el tratamiento, análisis e interpretación de datos pluviométricos (totales y prome-

dios mensuales y anuales) correspondientes a las estaciones Hotel Humboldt (período 1958-1974), San Bernardino (período 1964-1974) y Los Venados (período 1994-2006), cuya información fue suministrada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH, 2010). Se estimaron previamente los datos faltantes en las series de precipitación, mediante el método racional (Guevara, 1987).

Se midieron y calcularon los parámetros morfométricos básicos de las microcuencas y redes de drenaje, y se construyeron perfiles topográficos con apoyo en la herramienta para SIG. Los valores de otros parámetros se obtuvieron de la lectura directa sobre la base cartográfica o aplicando las ecuaciones matemáticas que los definen.

Los tiempos de concentración de las microcuencas se estimaron en las salidas de los cursos de agua principales en el frente de montaña (ápices de los abanicos aluviales), empleando la ecuación de Kirpich (1940):

$$t_c = 0,01947L^{0,7} S^{-0,385}$$

donde t_c es el tiempo de concentración (min), L es la longitud del cauce principal (m) y S es la pendiente media del cauce principal (m/m). La velocidad media del flujo se calculó en la misma sección hidráulica de interés.

La estimación de las magnitudes de eventos extremos de precipitación, se llevó a cabo desarrollando un análisis de frecuencia de profundidades de láminas máximas anuales de precipitación de la estación San José de El Ávila [Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Dirección de Hidrología y Meteorología (MARN-DHM), 2010] para distintas dura-

ciones de la lluvia, mediante el ajuste del modelo de Valores Extremos Tipo I (Gumbel, 1941), según el método de Kite (1985).

Posteriormente, se calcularon las intensidades máximas (i) (mm/h) anuales de precipitación para distintas duraciones de la lluvia y períodos de retorno, mediante la expresión matemática convencional. A su vez, estos valores de intensidad se ajustaron y/o suavizaron, por medio de la aplicación de la ecuación de intensidad de la lluvia de Wenzel (1982):

$$i = \left(100 \left(\frac{c}{T_d^e + f} - i_0 \right) \right)^2$$

donde c e f son coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno, e i_0 es la intensidad máxima anual de precipitación (mm/h) para la misma duración de la lluvia y el mismo período de retorno dado, obtenidas previamente. Luego se recalcularon las intensidades máximas anuales de precipitación aplicando nuevamente la ecuación de Wenzel, de la manera como se expresa a continuación:

$$i = \frac{c}{T_d^e + f}$$

Estos valores de intensidades máximas anuales de precipitación se transformaron nuevamente en láminas máximas anuales de precipitación.

Con estos valores de láminas máximas anuales e intensidades máximas anuales de precipitación, se construyeron las curvas de profundidad-duración-frecuencia (PDF) y de intensidad-duración-frecuencia (IDF). Posteriormente, se estimaron de manera gráfica sobre las curvas las intensida-

des máximas para los distintos períodos de retorno considerados, y para una duración de la lluvia igual a los tiempos de concentración.

Finalmente, se estimaron los caudales pico (Q_p) (m^3/s) de las crecientes para los distintos períodos de retorno considerados, mediante el empleo del método Racional (Chow *et al.*, 1994), y cuya ecuación se expresa como:

$$Q_p = \frac{CiA}{3,6}$$

donde C es el coeficiente de escorrentía que depende de las características de la superficie de la cuenca (tabla de valores estándares), y A es el área de la cuenca (km^2).

4. Análisis y discusión de los resultados

En los cauces principales de los cursos de agua estudiados, así como en sus áreas de desbordes contiguas sobre los sectores de abanicos aluviales en las partes bajas, se observa una fuerte intervención antrópica (Figura 2), lo cual confina a sus canales artificiales (embaulamientos) debido a los desarrollos informales principalmente, obstaculizando de esta manera la dinámica natural de sus secciones hidráulicas bajo eventos hidromorfológicos. Así mismo, estos canales están obstruidos por depósitos de basura, y en el sector montañoso por escombros de crecidas y aludes pasados, lo cual es material susceptible a ser transportado por nuevos eventos.

Esta situación conlleva a su vez a que en escenarios de crecientes y aludes torrenciales, las construcciones que se interponen a los flujos actúen como barreras dispersoras que desvían a los mismos, incrementando la posibilidad de ocurrencia

de avulsiones en los ápices de los abanicos y el poder destructivo de estos fenómenos. La superficie de los abanicos aluviales están completamente intervenidas, lo que determina una situación de riesgo permanente para las comunidades asentadas sobre ellos, considerando que son áreas morfodinámicamente inestables, debido a que en ellas se depositan los sedimentos transportados por las crecientes y aludes torrenciales.

Las microcuencas de las quebradas Catuche, Anauco y Gamboa y del río Cotiza, definidas así por poseer superficies no mayores a $20 km^2$, corresponden a sistemas de drenaje naturales típicos de ambientes montañosos, en los que claramente se pueden distinguir:

1. Áreas de captación o recepción de precipitaciones (cuenca propiamente dicha), modeladas en el sector montañoso, caracterizadas por la presencia de laderas y sistemas de canales de fuertes pendientes y topografía en general accidentada, así como procesos geomorfológicos propios de vertientes (procesos de remoción en masa).
2. Cauces o canales de desagües principales de los sistemas de drenaje, los cuales ocupan el fondo de estrechos valles terminales (cañones montañosos profundos de escarpadas vertientes que culminan en el frente de montaña, definido éste por un escarpe de falla) que sus corrientes han modelado, y que funcionan como ductos de evacuación de aguas y sedimentos de las crecientes.
3. Y el área piedemontina, distinguida por el desarrollo de abanicos aluviales que evidencian la predominancia de una morfodinámica depositacional de natu-

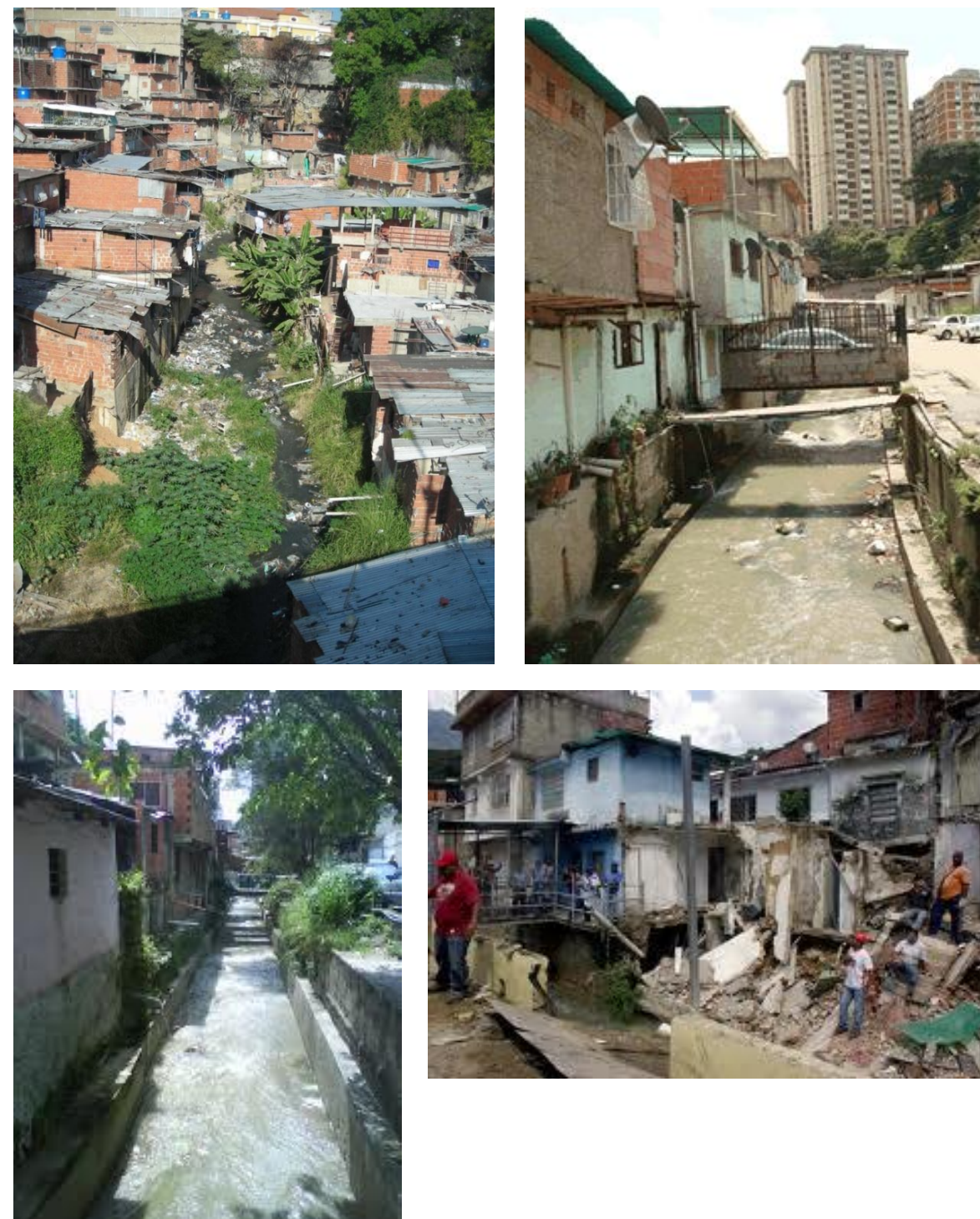


Figura 2. Vistas de la elocuente intervención antrópica en las inmediaciones (recorridos de los cursos de agua sobre las áreas de abanicos aluviales) de los cauces principales de las quebradas y río (a) Catuche, (b) Cotiza, (c) Anauco y (d) Gamboa

raleza principalmente fluvio-torrencial, tal como se aprecia en sus depósitos característicos, y por una topografía más suave con pendientes de valores significativamente bajos.

Las microcuencas estudiadas son sistemas hidrogeomorfológicos de muy pequeñas dimensiones con orientaciones cuasi-perpendiculares al eje urbano principal de la ciudad de Caracas, y cuyos parámetros morfométricos relacionados con sus tamaños y geometría (área, perímetro, longitud, ancho y diámetro) (Cuadro 2), determinan condiciones particulares que favorecen la ocurrencia de crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y corta duración y menores tiempos de concentración de estos sistemas, en presencia de tormentas significativas en intensidad, duración y dimensiones.

La distribución altimétrica (altitudes mínima, máxima y media) acusa desniveles e incrementos de gradientes topográficos importantes (relieve máximo y radio del relieve), que determinan la existencia de laderas con inclinaciones superiores a 45 % (Cuadro 2 y Figura 4), y cauces principales de las quebradas y río con pendientes promedio altas (Figura 5) para recorridos de escasa longitud, lo cual genera condiciones favorables para la activación de procesos erosivos y de arrastre de materiales, así

De acuerdo con la distribución espacio-temporal de las lluvias en el área, los menores montos pluviométricos mensuales (entre 21,6 mm y 97,5 mm) se observan en su parte baja, y los mayores en el sector montañoso, destacándose que las lluvias más copiosas se reciben en las partes medias hacia las altas de las microcuencas, principalmente en los profundos y estrechos valles de los cauces principales, donde se represan y ascienden los flujos de aire (Cuadro 1 y Figura 3).

Los mayores montos mensuales (entre 57,8 mm y 39,2 mm) se concentran entre los meses de mayo y noviembre. En las series temporales se observan picos sobresalientes de montos mensuales de precipitaciones, que se desvían notoriamente por encima de la línea 2σ, los cuales pudieran estar vinculados con eventos de crecidas (Figura 3).

Cuadro 1. Datos de precipitación (P) (mm) (promedios mensuales y anuales) correspondientes a las estaciones Hotel Humboldt, Los Venados y San Bernardino.

Fuente: INAMEH, 2010

Estación	Meses												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Hotel Humboldt	33,2	24,3	69,8	68,4	73,7	85,3	126,7	127,8	112,9	115,8	97,9	60,3	996,1
Los Venados	77,3	51,1	30,6	71,9	111,7	150,4	164,0	106,4	209,8	211,2	139,2	55,6	1.379,3
San Bernardino	34,8	21,6	37,2	61,1	57,8	68,5	76,6	91,4	75,0	97,5	63,4	48,0	732,9

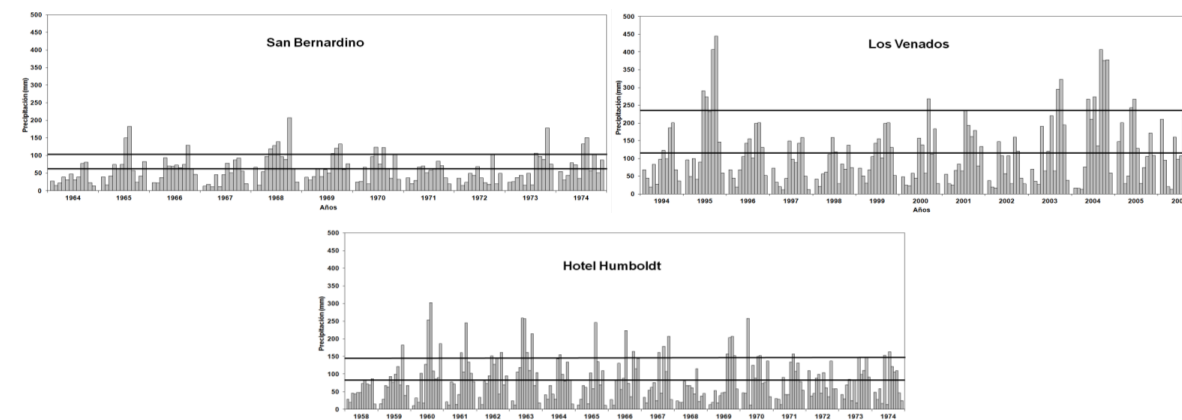
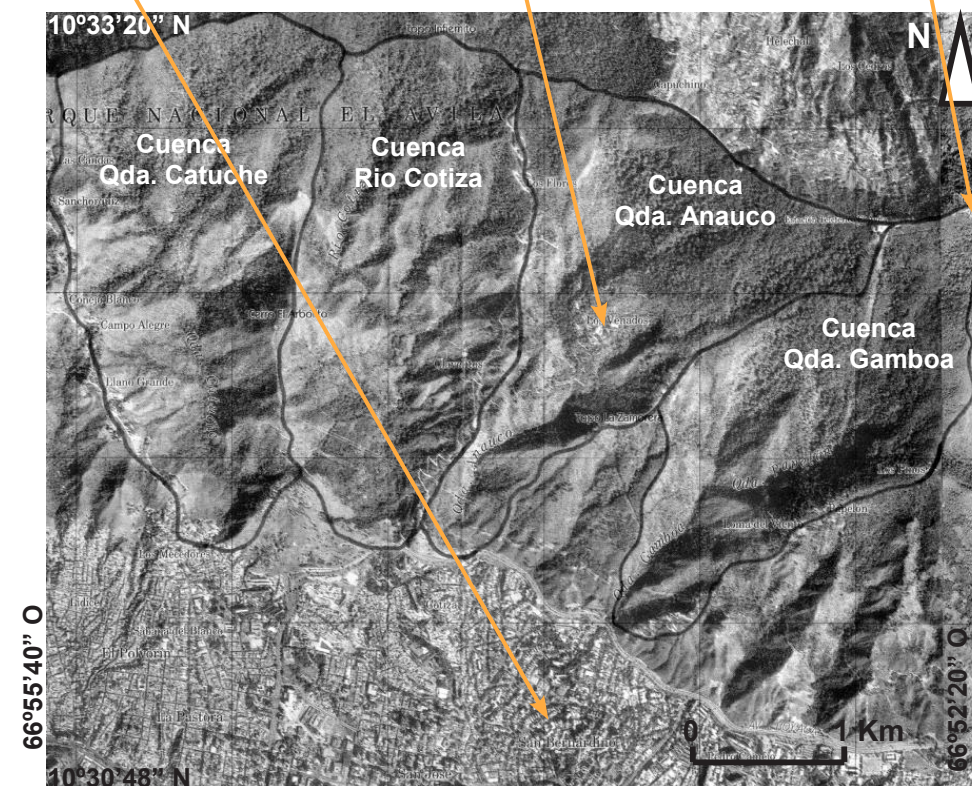
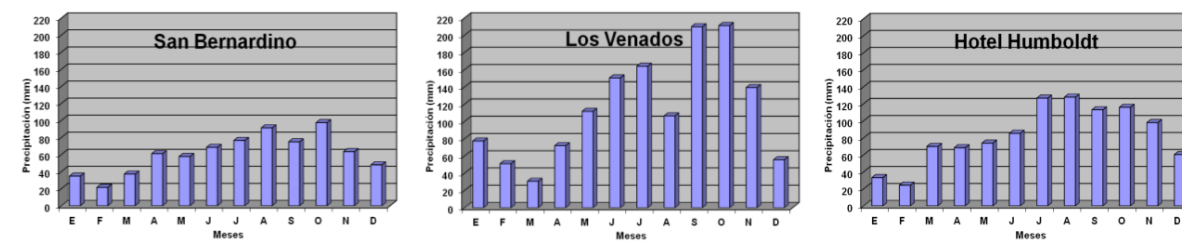
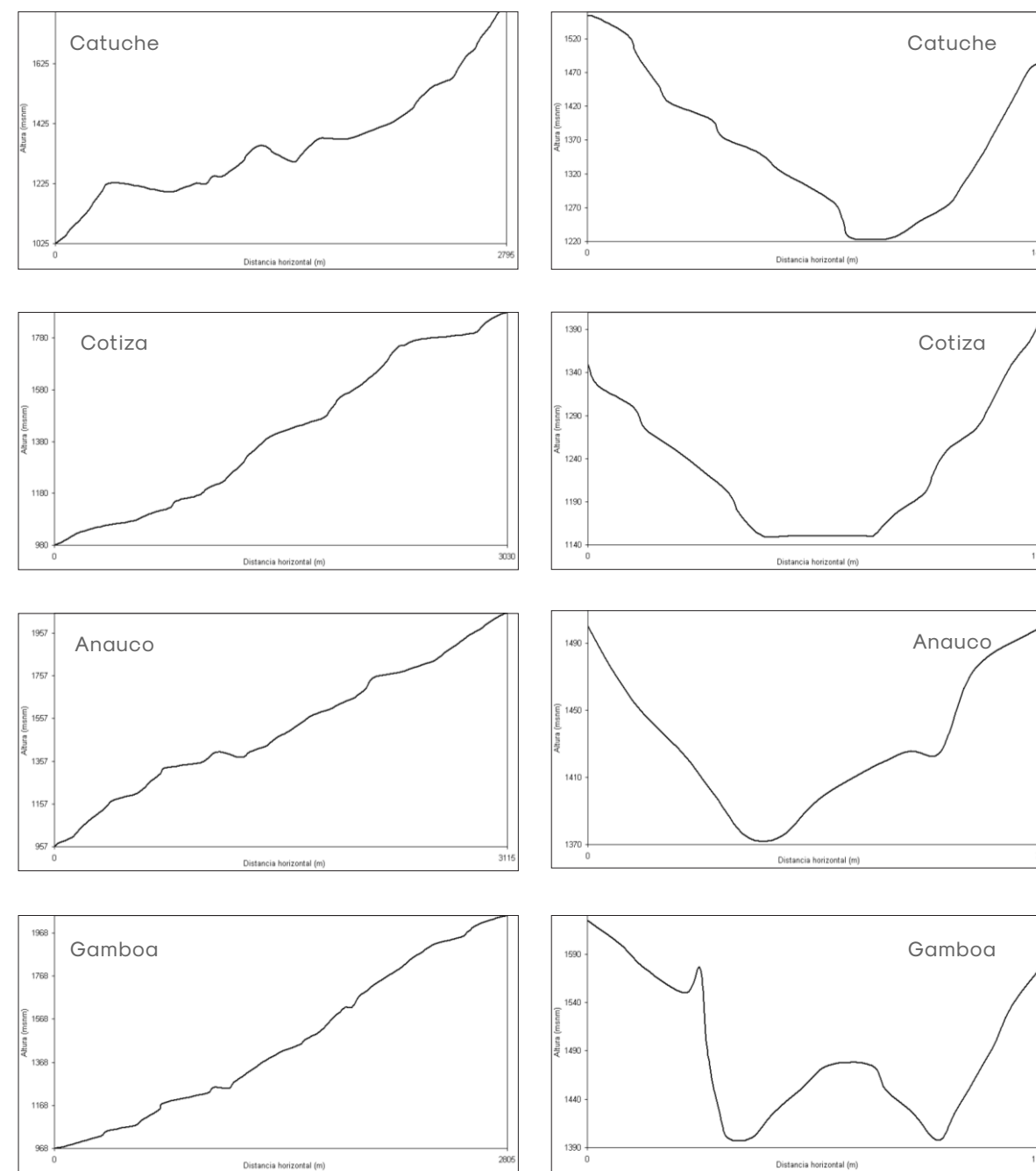


Figura 3. Distribución espacio-temporal de las precipitaciones en las microcuencas de drenaje

Cuadro 2. Parámetros morfométricos de las microcuencas de drenaje de las quebradas Catuche, Anauco y Gamboa y del río Cotiza.

Escala de la cuenca (área km ²)					
Estadístico	Área	Rectángulo equivalente	Vertiente mayor	Vertiente menor	
Valor máximo	3,92	7,61	2,92	1,40	
Valor mínimo	2,59	5,00	1,52	0,54	
Media	3,04	5,96	2,02	1,02	
Estadístico	Perímetro (km)	Longitud (Km)	Ancho promedio (km)	Ancho máximo (km)	Diámetro (km)
Valor máximo	9,85	3,44	1,21	2,52	2,23
Valor mínimo	8,30	3,02	0,79	1,64	1,82
Media	9,00	3,19	0,95	1,88	1,96
Gradiente y forma del relieve de la cuenca (msnm)					
Estadístico	Altitud mínima	Altitud máxima	Altitud media	Relieve máximo	Radio del relieve
Valor máximo	1.025,00	2.113,00	1.540,50	1.145,00	372,85
Valor mínimo	957,00	1.880,00	1.430,00	893,00	274,62
Media	982,50	1.998,38	1.490,44	1.015,88	318,85
Estadístico	Integral hipsométrica	Coefficiente de masividad (msnm/km ²)	Coefficiente orográfico	Relieve relativo (msnm/km)	Número de rugosidad de Melton
Valor máximo	0,50	586,87	892.046,33	137,13	0,70
Valor mínimo	0,50	375,32	552.187,90	93,95	0,45
Media	0,50	504,57	754.255,12	113,46	0,59
Forma de la cuenca					
Estadístico	Elongación	Perímetro relativo de crenulación	Coefficiente de compacidad	Índice de alargamiento	Índice de homogeneidad
Valor máximo	0,61	37,46	1,71	2,06	0,71
Valor mínimo	0,48	4,04	1,34	1,20	0,34
Media	0,55	22,68	1,46	1,76	0,53
Forma de la cuenca					
Estadístico	Índice de simetría	Factor forma	Alargamiento de Coquot	Radio de elongación	Radio de circularidad
Valor máximo	3,80	0,37	2,09	0,69	0,55
Valor mínimo	1,09	0,23	1,64	0,54	0,34
Media	2,31	0,30	1,85	0,62	0,48
Extensión y forma de la red de drenaje (Km)					
Estadístico	Longitud de la corriente principal (desembocadura)	Longitud de la corriente principal (ápice del abanico)	Longitud media del valle de la corriente principal	Longitud total de las corrientes de la red de drenaje	Sinuosidad total de la corriente principal
Valor máximo	7,26	4,19	3,79	34,05	1,35
Valor mínimo	3,82	3,77	3,39	24,23	1,18
Media	5,51	3,92	3,54	29,59	1,25
Estadístico	Sinuosidad topográfica de la corriente principal	Sinuosidad hidráulica de la corriente principal	Densidad de drenaje (km ² /km ²)	Coefficiente de mantenimiento del canal (km ² /km)	Extensión media de la escorrentía superficial (km)
Valor máximo	1,22	1,13	11,66	0,12	0,03
Valor mínimo	1,06	1,09	8,37	0,09	0,02
Media	1,13	1,11	9,85	0,10	0,03
Orden y magnitud de la red de drenaje					
Estadístico	Orden de la corriente	Número total de corrientes	Longitud total, red de drenaje	Relación de bifurcación media	
Valor máximo	5	142	34,05	4,70	
Valor mínimo	4	85	24,23	3,26	
Media	4,25	116,25	29,74	4,11	
Estadístico	Relación de longitud media	Relación de pendiente media	Frecuencia media de las corrientes	Coefficiente de torrencialidad	
Valor máximo	2,45	1,46	48,63	38,70	
Valor mínimo	1,96	1,35	32,82	24,32	
Media	2,23	1,41	38,41	29,42	



Perfiles longitudinales

Perfiles transversales

Figura 4. Perfiles topográficos longitudinales y transversales (cuencas medias) de las microcuencas de drenaje

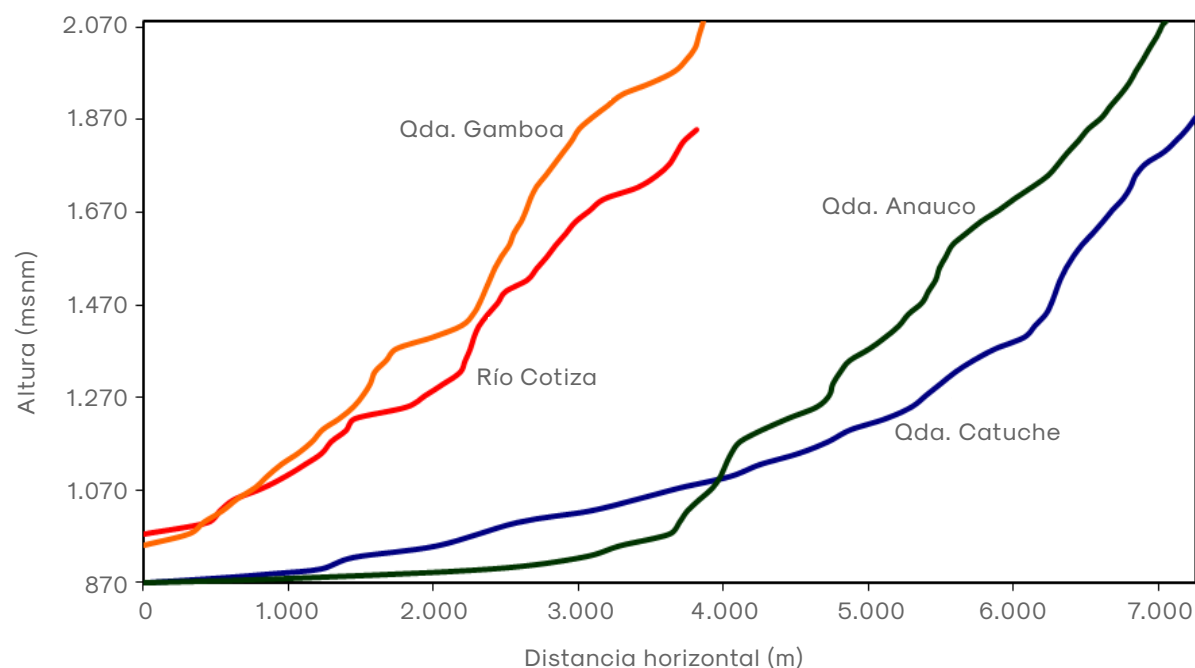


Figura 5. Perfiles topográficos longitudinales de los cauces de las quebradas y río principales de las microcuencas de drenaje

como crecidas importantes con caudales picos pronunciados y corta duración.

El número de rugosidad de Melton (**Cuadro 2**) arroja valores moderados a altos (microcuencas bastante rugosas), lo que implica una alta probabilidad de que se generen crecidas torrenciales y flujos de detritos, corroborado además, por los elevados desniveles topográficos y altos valores de densidad de drenaje.

De acuerdo con los datos de la integral hipsométrica (**Cuadro 2**), estas microcuencas exhiben valores intermedios de áreas bajo sus curvas hipsométricas, con lo cual se infiere que dichas curvas presentan formas cóncava-convexas a ligeramente convexas, permitiendo interpretar que el potencial erosivo de las redes de drenaje ha sido moderado, así como la ocurrencia de procesos de remoción en masa en laderas,

sobre todo en presencia de eventos de precipitaciones extraordinarias o de intensidades y duraciones suficientes para activar estos procesos hidrogeomorfológicos; y por otro lado, indican un moderado estadio evolutivo y un balance tectónico-erosivo negativo, atribuible a una posible baja tasa de levantamiento. Aun así, tales rasgos definen una topografía muy accidentada, lo que condiciona a su vez, respuestas hidrológicas rápidas y agresivas de estas microcuencas.

Los valores de los parámetros referidos a la forma de las microcuencas (coeficiente de compacidad, factor forma y radio de circularidad), (**Cuadro 2**), indican que se trata de sistemas de morfología o configuración planimétrica alargada, con lo cual se esperarían hidrogramas de crecidas asimétricos con picos más suavizados y de

mayor duración, así como mayores tiempos de concentración y retardo de las microcuencas, y baja frecuencia en la ocurrencia de crecidas; sin embargo, dadas las pequeñas dimensiones de éstas, sus formas no ejercen un fuerte control en sus respuestas hidrológicas, como sí lo ejercen los parámetros referidos al relieve, las dimensiones de la tormenta y la intensidad y duración de las lluvias.

A excepción de la microcuenca del río Cotiza, las otras presentan valores de asimetría relativamente más altos (por ejemplo, microcuenca de la quebrada Anauco), (**Cuadro 2**), con lo cual las vertientes (con relación a los cursos de agua principales) de mayores superficies, poseen mayor extensión de la red de drenaje, y por lo tanto, sus aportes a las crecidas son mayores. Estas asimetrías, probablemente obedecen a un control morfoestructónico.

Las redes de drenaje exhiben en líneas generales, patrones sub-paralelos, indicando cierta homogeneidad topográfica del área drenada, así como un control geológico-estructural (patrones de fracturas) en la disposición y orientación espacial de los cauces. Las corrientes principales de estas microcuencas tienen recorridos muy cortos que escasamente alcanzan 4 km (quebrada Catuche), con desniveles importantes superiores a 800 msnm.

Para tratarse de cuencas tan pequeñas, presentan altos valores de densidad de drenaje, orden de la cuenca, frecuencia media de las corrientes y coeficiente de torrencialidad (**Cuadro 2**), elementos que indican que son sistemas de drenaje altamente efectivos en la evacuación de las aguas de lluvia y con un alto potencial erosivo; y por otro lado, muestran relaciones de bifurcación

media, longitud media y pendiente media con valores característicos de cuencas bien drenadas y de rápida evacuación (**Cuadro 2**), lo que incide de igual forma con gran peso, en las características de las respuestas hidrológicas que se han venido señalando, e incrementan el nivel de peligrosidad por crecidas torrenciales.

Los tiempos de concentración y las velocidades promedios de los flujos calculados para las cuencas de drenaje de las quebradas y ríos principales, se muestran en el **Cuadro 3**. Estos tiempos son bastante cortos, correspondiéndose con valores críticos que suponen el tiempo de arribo de una crecida a las secciones hidráulicas de referencia, principalmente en los ápices de los abanicos, a partir de los cuales hacia su desembocadura y bordeando los cauces principales de los cursos de agua sobre los depósitos torrenciales de dichos abanicos, se asienta una proporción importante de la población de la ciudad capital.

El análisis de eventos extremos de la lluvia, indica valores críticos de profundidades de láminas e intensidades máximas anuales para eventos de 1 hora de duración y períodos de retorno de 50 y 100 años, que superan los 65 mm/h y 70 mm/h respectivamente (**Figura 6**), y para duraciones de la lluvia igual al tiempo de concentración de cada una de las microcuencas, se obtuvieron valores máximos todos superiores a los 25 mm para el caso de las profundidades de láminas máximas, y valores todos superiores a los 100 mm/h en el caso de las intensidades máximas (**Cuadro 4**), y principalmente para escenarios de 50 y 100 años de período de retorno.

Las dimensiones de las tormentas y la intensidad y duración de las lluvias, ejer-

Cuadro 3. Tiempos de concentración de las microcuencas de drenaje y velocidad media del flujo de las quebradas Catuche, Anauco y Gamboa y del río Cotiza

Microcuenca	Tiempo de concentración (Tc)			Velocidad media del flujo (Vmf)	
	h	min	seg	km/h	m/s
Catuche	0,37	22,11	1.326,79	11,36	3,15
Cotiza	0,32	19,03	1.141,70	12,05	3,35
Anauco	0,27	15,93	955,79	13,03	3,62
Gamboa	0,30	18,23	1.093,69	12,87	3,58

Cuadro 4. Profundidades e intensidades de láminas máximas anuales de precipitación de la estación pluviográfica San José de El Ávila, y caudales picos de las crecientes para una duración de la lluvia igual al tiempo de concentración de las microcuencas de las quebradas Catuche, Anauco y Gamboa y del río Cotiza y distintos períodos de retorno

Microcuenca	Profundidad de la lámina máxima anual de precipitación (P) (mm)						
	2,33	5	10	25	50	100	500
Catuche	30,96	36,86	37,33	38,07	38,59	39,07	51,60
Cotiza	28,69	32,33	32,56	33,19	33,51	34,02	46,94
Anauco	26,55	27,24	27,61	28,14	28,41	28,85	41,15
Gamboa	29,01	30,78	31,19	31,90	32,20	32,61	45,57

Microcuenca	Intensidad máxima anual de precipitación (I) (mm/h)						
	2,33	5	10	25	50	100	500
Catuche	84,00	100,00	101,30	103,30	104,70	106,00	140,00
Cotiza	90,47	101,93	102,66	104,66	105,67	107,26	148,00
Anauco	100,01	102,60	104,00	106,00	107,00	108,66	155,00
Gamboa	95,50	101,30	102,66	105,00	106,00	107,33	150,00

Microcuenca	Caudal pico de la creciente (Qp) (m³/s)						
	2,33	5	10	25	50	100	500
Catuche	32,01	42,47	45,22	50,62	54,72	60,02	88,42
Cotiza	25,68	32,24	34,14	38,20	41,14	45,24	69,63
Anauco	25,18	28,79	30,68	34,32	36,95	40,65	64,68
Gamboa	25,25	29,85	31,80	35,70	38,44	42,17	65,73

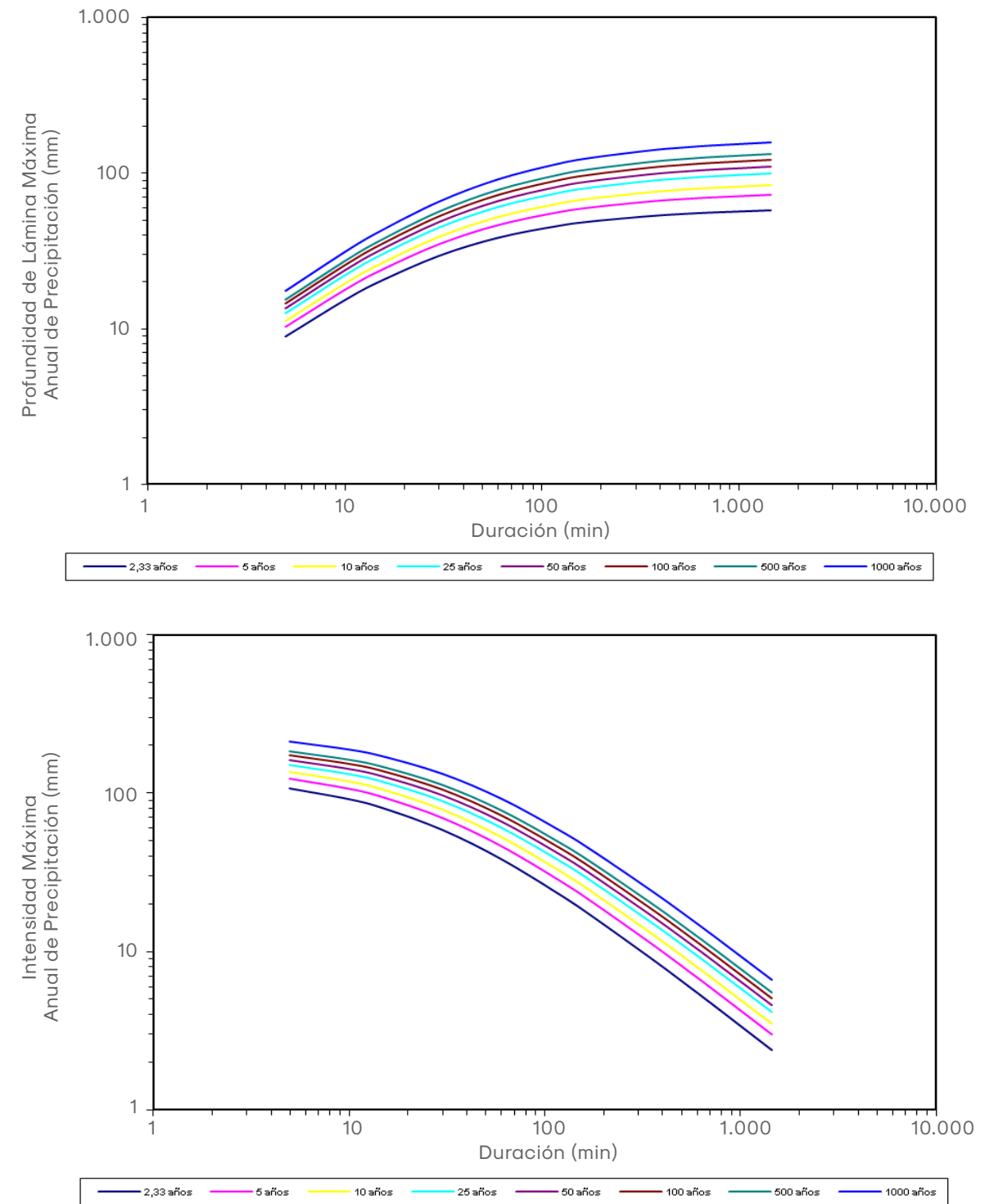


Figura 6. Curvas de Profundidad - Duración - Frecuencia (PDF) y de Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF) ajustadas por el método de Wenzel para láminas máximas anuales de precipitación de la estación San José del Ávila

cen gran influencia en la activación de estos controles morfométricos, y en la generación de crecientes y aludes torrenciales.

Las magnitudes estimadas para los caudales picos de las crecientes, superan los 25 m³/s para todos los períodos de retorno en las cuatro microcuencas, con los mayores valores en la microcuenca de la quebrada Catuche (todos por encima de 32 m³/s). Para eventos de 50 y 100 años de períodos de retorno, se obtuvieron caudales que superan los 35 m³/s y 40 m³/s respectivamente. Eventos mucho más extremos (período de retorno de 500 años), alcanzan caudales por encima de los 64 m³/s (Cuadro 4). Estas magnitudes, representan crecidas torrenciales de importantes volúmenes de agua.

4. Conclusiones y recomendaciones

Las microcuencas de drenaje analizadas son sistemas cuyas magnitudes de sus respuestas hidrológicas súbitas y agresivas por efecto de eventos extremos de precipitación, así como sus regímenes torrenciales y cortos tiempos de concentración, están controlados principalmente por las pequeñas dimensiones de éstos (área, perímetro, longitud, ancho y diámetro), y su morfología tipo embudo.

También influyen con gran peso en este comportamiento, las marcadas diferencias altitudinales en la topografía, fuertes pendientes en las vertientes y cauces de las áreas de captación, cortas longitudes de los cauces principales, las longitudes totales de los sistemas de drenaje, densidades de drenaje medias a altas, órdenes de cuencas altos (entre 4 y 5) para sistemas tan pequeños, relaciones de bifurcación media entre 3,26 y 4,70, altas frecuencias medias de las

corrientes de las redes de drenaje y altos coeficientes de torrencialidad.

De igual forma, estas respuestas dependen también de las dimensiones de las tormentas que afectan el área, así como de la intensidad y duración de las lluvias, y en particular de los eventos extremos.

En vista de la amenaza hidrogeomorfológica evaluada en las microcuencas del área de estudio, se recomienda:

1. Reactivar y crear nuevas estaciones hidrometeorológicas en toda la extensión superficial de la vertiente sur del macizo 'El Ávila', a fin densificar la red de mediciones.
2. Reactivar e implementar nuevas estaciones con sistemas de alertas tempranas en todas las microcuencas cuyas corrientes principales cruzan la ciudad capital, así como planes de acción y contingencia ante la ocurrencia de crecidas y aludes torrenciales.
3. Ejecutar jornadas de información, preparación y autoprotección de las comunidades en situación de riesgo, frente a la ocurrencia de crecidas y aludes torrenciales de estos cursos de agua.
4. Preparar a las comunidades para la autogestión de sus propios riesgos, así como en la elaboración de mapas de riesgos y recursos comunitarios.
5. Difundir la información relacionada con la dinámica hidrogeomorfológica de las microcuencas de la vertiente sur del Parque Nacional Waraira Repano, a fin de que los organismos competentes y quienes toman decisiones en cuanto a políticas públicas, la consideren como insumos para la revisión y redefinición de los planes de ordenación del territorio a nivel regional y local.

5. Referencias citadas

- AGUIRRE, J. & E. JÁUREGUI. 2006. "Hydrologic and hydraulic study of Naiguatá and Camurí Grande rivers in Vargas state, Venezuela". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 704-717. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- ÁLVAREZ, R.; KEY, F.; KLANKE, A.; GUERRA, A. y R. CONVIT. 1968. *Atlas climático e hidrológico de la cuenca hidrográfica del valle de Caracas*. Ediciones de la Biblioteca, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- ARTIGAS, J. y J. CÓRDOVA. 2010. "Estimación de volúmenes y picos de aludes torrenciales y producción de sedimentos en cuencas del estado Vargas". En: J. LÓPEZ (ed.). *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos*. 239-257. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- ARTIGAS, J.; LÓPEZ, J. y J. CÓRDOVA. 2004. Producción de sedimentos en las cuencas de la vertiente sur del Parque Nacional El Ávila. *Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería 2004*. Caracas, Venezuela (29 de noviembre al 03 de diciembre).
- AUDEMARD, F.; MACHETTE, M.; COX, J.; DART, R. & K. HALLER. 2000. *Map and database of Quaternary Faults in Venezuela and its offshore regions* (Open File-Report 00-018). United States Geological Survey. USA.
- BELLO, M.; O'BRIEN, J.; LÓPEZ, J. & R. GARCÍA. 2006. "Simulation of flooding and debris flows in the Cerro Grande river". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 655-669. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- CARRERO, O.; BARRIOS, D.; BONDUKI, Y.; MARÍN, E., y J. MÁRQUEZ. 1983. *Mapa de la vegetación actual de Venezuela, mapa a escala 1:500.000* (Proyecto VEN/79/001/Sistemas Ambientales Venezolanos). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas, Venezuela.
- CILENTO, A. 2002. "Sobre la vulnerabilidad urbana de Caracas". *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 8(3): 103-118.
- CÓRDOVA, J. y M. GONZÁLEZ. 2003. "Estimación de los volúmenes y caudales máximos que produjeron los aludes torrenciales ocurridos en Diciembre de 1999 en cuencas del Litoral Central del estado Vargas, Venezuela". *Acta Científica Venezolana*, 54(1): 33-48. Disponible en: <http://acta.ivic.ve>.

- CÓRDOVA, J. y M. GONZÁLEZ. 2010. "Evaluación hidrológica y de caudales pico de la tormenta extraordinaria de 1999 en el estado Vargas". En: J. LÓPEZ (ed.). *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos*. 95-113. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- CHOW, V.; MAIDMENT, D. y L. MAYS. 1994. *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill Interamericana, S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.
- DE LISIO, A. 2001. "La evolución urbana de Caracas: Indicadores e interpretaciones sobre el desarrollo de la interrelación ciudad-naturaleza". *Revista Geográfica Venezolana*, 42(2): 203-226.
- DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL (DCN). 1958. *Hojas IV-9 y V-9, planos topográficos a escala 1:5.000, Proyecto BITUCOTEX*. Caracas, Venezuela.
- DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL (DCN). 1979. *23 de Enero y Los Chorros, hojas 6847-IV-SO y 6847-IV-SE, cartas topográficas a escala 1:25.000*. Caracas, Venezuela.
- FANGQIANG, W.; KAIHENG, H.; LÓPEZ, J.; PÉREZ, D. & L. SHIJIAN. 2006. "Debris flow risk zoning in Cerro Grande, Venezuela". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 774-785. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- GOBERNACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL. 1984. *Hojas D-43, E-43, F-43, D-44, E-44 y F-44, planos topográficos a escala 1:5.000*. Caracas, Venezuela.
- GUEVARA, J. 1987. *Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos* (Colección Monografías 12). Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- GUMBEL, E. 1941. "The return period of flood flows". *The Annals of Mathematical Statistics*, 12(2): 163-190.
- HERNÁNDEZ, E. 2006. "Flujos de barro y escombros durante las tormentas de los días 15 y 16 de diciembre de 1999 en el edo. Vargas, Venezuela". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 443-453. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- HONG, X.; FANGQIANG, W. & C. PENG. 2006. "Causes and characteristics of the Ávila debris flows in Venezuela". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 686-693. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMEH). 2010. *Datos mensuales de precipitación de las estaciones climatológica Los Venados y pluviográficas Hotel Humboldt y San Bernardino*. Datos no publicados. Caracas, Venezuela.

- KIRPICH, Z. 1940. "Time of concentration of small agricultural watersheds". *Civil Engineering*, 10(6): 362.
- KITE, G. 1985. *Frequency and risk analysis in hydrology*. Water Resources Publications. USA.
- LÓPEZ, J.; BELLO, M.; GONZÁLEZ, N.; ALCALÁ, O. y A. TOYO. 2006a. "Consideraciones sobre el desastre de Carmen de Uria". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 670-685. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- LÓPEZ, J.; PÉREZ, D.; GARCÍA, R. y Z. SHUCHENG. 2006b. "Evaluación hidro-geomorfológica de los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 41-57. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- MÉNDEZ, W.; CÓRDOVA, J.; CARTAYA, S. y H. PACHECO. 2007. "Geomorfología y respuesta hidrológica de la microcuenca de drenaje de la quebrada Curucutí, estado Vargas, Venezuela". *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 22(1): 5-20.
- MÉNDEZ, W. 2014. *Relaciones morfometría-respuesta hidrológica en cuencas de drenaje del estado Vargas, Venezuela: Una escala de peligrosidad por crecientes*. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. Tesis de Doctorado, (inédito).
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES (MARN). 2010. *Datos de láminas máximas anuales de precipitación para distintas duraciones de la estación pluviográfica San José de El Ávila*. Datos no publicados. Dirección de Hidrología y Meteorología. Caracas, Venezuela.
- PETRÓLEOS DE VENEZUELA S. A. 1993. *Atlas imagen de Venezuela: Una visión desde el espacio*. Caracas, Venezuela.
- SINGER, A. 2010. "Los aludes torrenciales en Venezuela: Antecedentes". En: J. LÓPEZ (ed.). *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos*. 65-80. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- SINGER, A.; ROJAS, C. y M. LUGO. 1983. *Inventario nacional de riesgos geológicos: Estado preliminar, mapa, glosario y comentarios*. Departamento de Ciencias de la Tierra, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. Caracas, Venezuela.
- SALCEDO, D. 2006. "Los flujos torrenciales catastróficos de diciembre de 1999, en el estado Vargas y en el área metropolitana de Caracas: Características y lecciones aprendidas". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 884-929. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

- SERVICIO AUTÓNOMO DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1995. *Caracas y Los Chorros, hojas 6847-IV-SO y 6847-IV-SE, ortofotomapas a escala 1:25.000*. Caracas, Venezuela.
- SHUCHENG, Z.; LÓPEZ, J.; GARCÍA, R. & D. PÉREZ. 2006. "Basic characteristics of large-scale debris flow in Vargas region, Venezuela, dec. 16 1999: Cerro Grande and Uria ravines as examples". En: J. LÓPEZ y R. GARCÍA (eds.). *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. 745-758. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- URBANI, F. y J. RODRÍGUEZ. 2004. *Atlas geológico de la Cordillera de la Costa Venezuela: Caracas, Hoja 6847-IV-SO, carta geológica a escala 1:25.000*. Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Fundación Geos. Caracas, Venezuela.
- WENZEL, H. 1982. "Rainfall for urban stormwater design". En: *Urban Storm Water Hydrology* (Water Resources, Monograph 7). American Geophysical Union. USA.

Lugar y fecha de culminación:
Buenos Aires / Caracas,
18 de enero de 2015

Inequidad socioespacial

para hospitalizaciones asociadas al contaminante material particulado en niños residentes en Santiago de Chile

Sociospatial inequity for hospital admissions associated to the pollutant particulate matter in resident children in Santiago de Chile

Manuel Fuenzalida

Universidad Alberto Hurtado,
Departamento de Geografía. Santiago de Chile, Chile
mfuenzal@uahurtado.cl

Víctor Cobs

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso,
Instituto de Geografía. Valparaíso, Chile
vcobs@labtys.cl

Minerva Miranda

Universidad Alberto Hurtado,
Departamento de Geografía. Santiago de Chile, Chile
mmiranda@labtys.cl

Resumen

El objetivo es evaluar el comportamiento de las inequidades presentes en el daño en salud por efectos de exposición a material particulado de 10 micras. Se trata de un estudio ecológico longitudinal, no experimental, que utiliza los registros oficiales de hospitalizaciones de niños menores de 5 años. La identificación de grupos socioeconómicos (GSE) se obtiene utilizando categorías de beneficiarios del sistema de salud. La presencia y magnitud de las inequidades en salud se calculan a partir de tasas de hospitalizaciones (TH), riesgo relativo (RR), la gradiente de desigualdad (m) y un diagrama de dispersión normalizada entre m y el valor total de TH. Los resultados muestran inequidad en los efectos de la contaminación en la salud de los residentes en diferentes municipios de la ciudad de Santiago de Chile. El riesgo de enfermar y requerir cuidados hospitalarios, aumenta a medida que disminuye el GSE.

Palabras clave: exposición; inequidades en salud; material particulado; geografía de la salud.

Abstract

The objective is to evaluate the behavior of inequities present in health damage due to effects of exposure to particulate matter of 10 microns. It is a non-experimental longitudinal ecological study using records of hospitalizations of under 5-year-old children. The identification of socio-economic groups (GSE) is obtained by using categories of beneficiaries of the health system. The presence and magnitude of health inequities are calculated by means of rates of hospitalization (RH), relative risk (RR), gradient of inequality (m) and a normalized scatter plot between m and the total value of RH. The results show inequity in the effects of pollution on the health of residents in different municipalities of the city of Santiago de Chile. The risk of becoming ill and requiring hospital care increases with decreasing the GSE.

Key words: exposure, health inequalities, particulate matter, geography of health.

1. Introducción

Desde la década de 1970, un volumen considerable de evidencia ha demostrado que los grupos socialmente desfavorecidos a menudo están expuestos a entornos físicos que son potencialmente perjudiciales para la salud (Richardson *et al.*, 2013). Se ha observado de igual forma, que muchos efectos en salud varían geográficamente y, en particular, que las comunidades socialmente más desfavorecidas presentan niveles inferiores en la calidad de su salud, en comparación con los niveles que presentan el segmento socioeconómico más favorecido; inequidad que se está ampliando en muchos países (Pearce & Kingham, 2008).

El propósito de la investigación es dilucidar si las hospitalizaciones a causa de la contaminación por material particulado de 10 micras (MP_{10}) presentan evidencia de efectos desiguales en morbilidad de la población residente en el Área Metropolitana de Santiago de Chile. Si esto ocurre, la valoración de inequidad en salud será el resultado de constatar que los grupos desfavorecidos económicamente, soportan tasas más elevadas de hospitalizaciones en comparación con el grupo de mayores ingresos.

Según señala Aschan-Leygonie *et al.* (2013), existen diferentes formas epistemológicas de estudiar la relación entre la salud y el territorio; una de ellas consiste en observar el nivel individual con el fin de evaluar en qué medida las características sociales, económicas y ecológicas de un lugar influyen en la salud de sus residentes y, un segundo enfoque se centra en las desigualdades de salud entre los diferentes lugares y los patrones espaciales resultantes, siendo el objetivo identificar las relaciones

entre los patrones de salud y la estructura espacial de las diferentes características sociales, económicas y ambientales. Para efectos de este estudio, se utilizará este segundo enfoque.

Los resultados de numerosas investigaciones sugieren que el nivel socioeconómico es uno de los principales factores determinantes del estado de salud y disparidades de salud entre los diferentes grupos sociales y étnicos y, puede servir como un indicador de salud que tiene un valor predictivo en la evaluación epidemiológica espacial (Philips *et al.*, 2011). De manera general, las evidencias apuntan a un fuerte gradiente social en el ámbito de la salud de la población, invariablemente desfavorable para grupos socialmente menos privilegiados (Landmann *et al.*, 2002).

En esta línea argumental, Marmot & Wilkinson (2001) ponen en valor dos formas en que los ingresos podrían estar causalmente relacionados con la salud: **a)** a través de un efecto directo sobre las condiciones materiales necesarias para la supervivencia biológica, y **b)** a través de un efecto sobre la participación social y la oportunidad de controlar las circunstancias de la vida (Hu *et al.*, 2008).

En el plano de la contaminación atmosférica, conviene señalar que el material particulado, y en especial la fracción respirable (MP_{10}), ha sido relacionado con una serie de efectos adversos sobre la salud en diversos estudios epidemiológicos, incluyendo: mortalidad, hospitalizaciones por enfermedades respiratorias de las vías inferiores para niños, ataques de asma y enfermedades crónicas. En varios estudios se obtienen relaciones estadísticamente significativas usando distintas medidas de

material particulado (Mehta *et al.*, 2013).

Por lo tanto, es de gran importancia lograr cuantificar el riesgo al cual los diferentes grupos socioeconómicos se ven potencialmente enfrentados. De esta forma es posible encontrar diferentes aportaciones científicas que potencian el uso del riesgo relativo (RR) y riesgo atribuible (RA) en sus investigaciones; prueba de ello es Nilunger *et al.* (2004), quienes establecen un parámetro de cuantificación para la 'Evaluación de Impacto en Salud' en Quebec, Canadá, mediante el análisis de la influencia de los diferentes riesgos relativos sobre la carga de la enfermedad para diversos grupos socioeconómicos.

En el caso chileno, Hertel-Fernandez *et al.* (2007) calcula tasas de mortalidad infantil anual y riesgo relativo mediante la educación de la madre y de la situación laboral para cada causa y edad de fallecimiento. Esto con el fin de medir las desigualdades socioeconómicas y el riesgo atribuible en mortalidad infantil a nivel nacional y regional en Chile entre 1990-2005, y proponer nuevas metas de política.

Dada las anteriores premisas, el presente trabajo busca ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de las inequidades presentes en el estado de salud (daño) por efectos de la exposición a contaminación del aire, el cual es un factor determinante ambiental ampliamente reconocido de la salud, especialmente entre las poblaciones urbanas (Rodríguez *et al.*, 2012).

2. Materiales y método

Se trata de un estudio ecológico longitudinal, no experimental. Como fuente principal de datos, se consideran los formularios de hospitalizaciones recopilados oficialmente en el informe estadístico de egreso hospitalario (IEEH).

A efectos de desestimar comportamientos puntuales y/o estacionales en las hospitalizaciones asociadas a contaminación (e.g. condiciones meteorológicas adversas, disponibilidad de camas, estaciones del año), se considera un periodo quinquenal para este estudio comprendido entre los años 2005-2009.

2.1 Área de estudio

El Área Metropolitana de Santiago de Chile (AMS) se ubica en la región Metropolitana, zona centro del país, compuesta por 34 unidades administrativas distribuidas a una altitud que va de los 400 a 900 msnm, siendo esta una zona altamente contaminada, con al menos 5 millones de personas que están expuestas a una concentración promedio anual de MP_{10} superior al límite establecido en la norma chilena (50 ug/m^3) y norma OMS (20 ug/m^3). Los registros consultados para la serie de tiempo trabajada, extraídos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA), indican la siguiente concentración promedio anual: 2005: 66 ug/m^3 ; 2006: 72 ug/m^3 ; 2007: 69 ug/m^3 ; 2008: 67 ug/m^3 y, 2009: 66 ug/m^3 .

Nicod e Iizuka (2000) para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), señalan que la ubicación geográfica del AMS en su contexto de cuenca, sumada a diferentes factores meteorológicos, constituye una de las características más importantes para explicar el deterio-

ro de la calidad del aire de la misma. La presencia de un conjunto importante de cerros alrededor de la misma constituye un factor que limita la ventilación de la ciudad y también de la evacuación de los contaminantes que se producen en ella. A esto se suman otros factores como la velocidad y dirección de los vientos (circulación horizontal), así como la existencia de limitaciones a la dispersión vertical por efecto de inversión térmica que también dificultan la dispersión de los contaminantes. Cabe destacar que el área presenta, además, marcadas diferencias de temperatura entre las diversas estaciones del año (Román *et al.*, 2009).

De acuerdo a esto, la evidencia científica señala que las dinámicas de los contaminantes emitidos durante el día en las zonas central y surponiente del área de estudio son transportados hacia el sector nororiental, mientras que en la noche el flujo se invierte, descendiendo aire más limpio desde la precordillera de los Andes (zona este del AMS), llevando el aire contaminado hacia la zona céntrica y poniente de la ciudad.

Por otro lado, el fenómeno de dispersión vertical de contaminantes se realiza usualmente en una capa comprendida entre la superficie y una altura determinada por factores termodinámicos, en este caso, la altura donde se produce la mezcla presenta grandes variaciones según los meses del año, pudiendo bajar hasta 300 m., en invierno y subir a 1.000 m. en verano, altura que está afectada por el efecto de inversión térmica (Nicod e Iizuka, 2000: 2).

2.2 Datos de hospitalizaciones

Para el análisis del daño en salud utilizamos los datos de hospitalizaciones ocurri-

das en Chile durante el periodo 2005-2009, independiente del carácter público o privado del prestador de la atención. Estos datos forman parte de las estadísticas oficiales del Ministerio de Salud de Chile.

Las variables de estudio seleccionadas son edad, diagnóstico, lugar de residencia (municipio), fecha y previsión de salud. Los diagnósticos de morbilidad identificados para este estudio conciernen a los que la literatura científica asocia a la contaminación del aire por MP₁₀ (Ministerio del Medio Ambiente, 2011), y que corresponden, según la Clasificación Internacional de Enfermedades en su décima revisión (CIE-10), a patologías Cardiovasculares Ataques al corazón (CIE-10 códigos I21-I22); Disritmia (CIE-10 códigos I49.9); y Enfermedades isquémicas del corazón (CIE-10 códigos I20; I23-I25) y, las Respiratorias no infecciosas: Neumonía (CIE-10 códigos J12-J18); Bronquitis, enfisema y otras Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (CIE-10 códigos J40-J44); y Asma (CIE-10 códigos J45-J46).

2.3 Población de estudio

Se trabaja con la población infantil menor de 5 años de edad, puesto que a lo largo de su vida han presentado menor movilidad territorial, lo que avala que los eventos de daños en la salud puedan ser imputados o tengan directa relación con los niveles de exposición a contaminación ambiental ocurridos en sus lugares de residencia. Siendo además, un grupo de población identificada de riesgo de morbimortalidad por estas causas, ya que son particularmente susceptibles a los efectos de la contaminación ambiental en la salud debido a que pasan más tiempo en espacios exteriores, tienen una

mayor frecuencia respiratoria e inhalan un volumen mayor de aire en proporción con su peso corporal (Betts, 2011).

La identificación del nivel socioeconómico de la población de interés, se obtiene utilizando los datos de tipo de beneficiario de salud. Esto, considerando que en Chile opera un sistema diferenciado de acceso a la atención a salud, FONASA (Fondo Nacional de Salud, de naturaleza pública) o ISAPRE (Instituciones de Salud Previsional, de naturaleza privada), que responde al aporte de las cotizaciones a la seguridad social que realizan los trabajadores (7 % de la remuneración). El sector FONASA atiende a la mayoría de la población, especialmente a los segmentos más pobres y a adultos mayores; en tanto el sector ISAPRE a los más jóvenes, sanos y de mayores ingresos (Labra, 2002). Utilizamos esta categorización de los beneficiarios de salud para generar grupos de individuos, cuyos ingresos autónomos del hogar por concepto de remuneraciones están dentro de rangos predefinidos y excluyentes entre sí, y por lo tanto, asimilables a grupos socioeconómicos (GSE).

Oficialmente, los beneficiarios del Sistema Público se clasifican en 4 grupos dependiendo del nivel de ingreso imponible mensual de los asegurados, los cuales son medidos en pesos chilenos (CLP). Grupo A, carente de recursos; Grupo B, renta menor o igual a \$210.000 CLP (370 USD aproximadamente); Grupo C, renta mayor a \$210.001 CLP y menor o igual a \$306.600 CLP (542 USD aproximadamente); Grupo D, renta mayor a \$306.601 CLP. Los usuarios del Sistema Privado, no cuentan con clasificación según tramo de ingresos, pero al estudiar el comportamiento de las cotizaciones

pagadas por el total de afiliados a ISAPRES durante un mes estándar, el sueldo promedio es aproximado de \$1.099.000 CLP (1.978 USD aproximadamente).

Para obtener la población total por GSE, se utiliza la asignación porcentual de la participación de los beneficiarios según sistema de previsión, por cada tramo de ingreso y municipio (estadística anual realizada por FONASA) a la proyección de población menor de 6 años, obtenida por el método 'Taucher' de estimación de poblaciones menores, por grupos programáticos de edad.

Con fines de análisis, la clasificación de GSE se reagrupa en 4 categorías de interés, siendo éstas GSE 1= FONASA A + FONASA B; GSE 2= FONASA C; GSE 3= FONASA D; GSE 4= ISAPRE.

Identificar estos grupos permite evaluar presencia de inequidad en la magnitud del riesgo de enfermar y requerir cuidados hospitalarios.

2.4 Análisis de datos

Las fuentes de datos tratadas en la presente investigación cuentan con la ventaja de ser cifras totales de hospitalizaciones (H); es decir, el censo de los eventos en salud que requirieron tratamiento intrahospitalario para su recuperación. Esto permite identificar de manera directa el comportamiento del daño en salud presente en la población bajo estudio, lo que equivale a un 100 % de confiabilidad de los resultados obtenidos. Lo anterior permite disponer de un set de indicadores capaces de diagnosticar y evaluar la magnitud del riesgo que enfrenta la salud humana por causas de exposición a contaminantes ambientales.

La magnitud del riesgo en salud, según GSE, la evaluamos a través de 2 parámetros usados habitualmente en estudios de desigualdad: Tasa específica de hospitalización por cada 1.000 habitantes (TH), y el cálculo del Riesgo Relativo (RR) de los grupos de menores ingresos en comparación al de ingresos económicos más altos (GSE4).

Tasa de hospitalización por cada 1.000 habitantes (TH):

$$TH_i = \frac{H_{GSEi}}{P_{GSEi}} * 1000$$

Donde:

TH_i es la tasa específica de atenciones hospitalarias ocurridas en el periodo 2005-2009, en menores de 5 años de edad pertenecientes a las categorías GSE_i, con $i = 1..4$.

GSE_i : corresponde a la población menor de 5 años de edad que pertenece a uno de los 4 grupos de GSE ($i:1..4$)

H_{GSEi} : total de hospitalizaciones ocurridas a niños/as menor de 5 años de edad, en el GSE_i, con $i:1..4$.

P_{GSEi} : población total estimada al año 2007, según pertenecen a los grupos GSE_i, con $i:1..4$.

Riesgo relativo (RR):

$$RR_i = \frac{TH_i}{TH_4}$$

Donde

RR_i es la razón de tasas relativo o magnitud del riesgo de requerir una atención hospitalaria de los grupos socioeconómicos menos favorables (GSE_i con $i:1..3$) por sobre los de mejor posición socioeconómica (GSE₄).

TH_i es la tasa específica de atenciones hospitalarias ocurridas en el periodo 2005-2009, en menores de 5 años de edad

pertenecientes a las categorías GSE_i, con $i = 1..3$.

TH_4 es la tasa específica de atenciones hospitalarias ocurridas en el periodo 2005-2009, en menores de 5 años de edad pertenecientes a las categorías GSE₄.

El RR permite además cuantificar las diferencias en la magnitud encontrada, al tratar con el cociente de riesgos por GSE, lo que nos indica cuánto más probable es que ocurra una H en los 3 primeros grupos GSE frente al GSE 4 o de mayores ingresos. Si es igual a 1, no hay diferencias en los niveles de daño a la salud entre en los grupos. Por el contrario, si el riesgo en los grupos GSE 1 al GSE3 es mayor que 1 es una prueba que existe desigualdad en relación al GSE4.

Adicionalmente, cuantificamos los comportamientos de desigualdad en los daños en salud entre las TH por GSE a partir del concepto de gradiente de desigualdad, definido como el coeficiente angular de la regresión lineal entre TH y GSE, tendiendo en consideración el tamaño de cada grupo GSE. Esto permite explicar de manera más adecuada la relación existente entre las 2 variables.

El gradiente tiende a representar inequidad en la medida que el coeficiente m de la ecuación $y = mx + b$ sea más distante del valor cero (mayor grado de inclinación en la gráfica).

Para representar la distribución espacial de los datos se utilizarán mapas de cuantiles, con 5 intervalos, razón por la cual el análisis de resultados se referirá a quintiles (Qx). En este método cada clase del mapa tiene la misma cantidad de unidades espaciales, siendo Q1 más favorable y Q5 más desfavorable.

Finalmente, las potenciales asimetrías existentes dentro de las 34 unidades administrativas (UA), se visualizarán en un diagrama de dispersión estandarizado, dando lugar a cuatro combinaciones teóricas en la relación entre la inequidad (m) y el valor total de TH. El cuadrante superior derecho con valores altos en ambas variables se valorará como muy alta inequidad. El cuadrante superior izquierdo con bajos valores de TH y altos de m se valorará como alta inequidad. El cuadrante inferior derecho con valores altos de TH y bajos en m se valorará como moderada inequidad. Por último, el cuadrante inferior izquierdo que concentra unidades espaciales con bajos valores en ambas variables se valorará como baja inequidad.

3. Resultados

3.1 Hospitalizaciones

El **cuadro 1** muestra la distribución de los indicadores de desigualdad y de las magnitudes de daño en salud que afectan a los distintos grupos socioeconómicos (GSE) y la tasa total general para la población residente al interior de las 34 UA del AMS. Del conjunto de ellas, se pueden constatar varios hechos. Primero, la tasa específica de hospitalizaciones (TH) en el quinquenio 2005-2009 es desigual y tiende a concentrarse en un eje norte-sur, siendo en orden ascendente las UA de Conchalí (N), El Bosque (N), Recoleta (N), Renca (W), San Bernardo (S), La Pintana (N), San Ramón (N) los casos con más de 160 H por cada 1.000 niños. En contraposición, las UA situadas en la zona oriente correspondientes a Las Condes y Vitacura no superan las 60 H por cada 1.000 niños. La **figura 1 (1a)** muestra

la distribución territorial de la TH, la cual concentra en el sector N y S los Q4 y Q5 correspondiente al impacto más nocivo y en el sector E el Q1 que concierne a un impacto moderado.

Segundo, a excepción de Vitacura (E), todos los GSE más bajos presentan las TH más altas, lo que evidencia que existe desigualdad en ocurrencia de los casos entre los distintos grupos, situación que ostenta en las AU de San Bernardo (S), San Ramón (S), Quilicura (W) y Santiago (N) el mayor número de H para los grupos más desfavorecidos (GSE1), alcanzando éstos más de 250 H por cada 1.000 niños. En oposición, los grupos más favorecidos (GSE4), no superan las 80 H para el mismo periodo, siendo los territorios con mayor incidencia Lo Prado (S), Conchalí (N), La Cisterna(S) y Huechuraba (N).

Dado el comportamiento de las tasas específicas obtenidas para cada GSE dentro de los territorios, era esperable que las gradientes por comuna, se mostraran descendientes a medida que mejora la posición socioeconómica en la población. Los valores absolutos de los coeficientes de la pendiente (m), muestran que la gradiente tiende a mayor inequidad en Providencia (E), Lo Barnechea (E), Cerrillos (W), Quilicura (W), San Ramón (S) y Santiago (N), siendo mayor el impacto del GSE sobre el daño en la salud, por efectos de la exposición a contaminación ambiental. La **figura 1 (1b)** muestra la distribución territorial de la desigualdad entre grupos GSE, de la cual se desprende que la asimetría se reparte de forma aleatoria en los sectores del AMS, pero si se toman en cuenta los 3 últimos quintiles, se traza un arco de precariedad en la zona poniente que inicia en Quilicura (N), tiene su punto medio en Cerrillos (W) y finaliza en La Pintana (S).

Cuadro 1. Resumen de indicadores de desigualdad y magnitudes de daño en salud, según grupo socioeconómico por Unidad Administrativa del Área Metropolitana de Santiago de Chile. Periodo 2005-2009

Fuente: elaboración propia

Zona	UA	GES 1	GES 2	GES 3	GES 4	Total	Gradiente	m	R2
N	Conchalí	191,58	125,68	96,30	72,93	160,51	$y = -38,532x + 217,95$	38,532	R2 = 0,94
N	Estación Central	223,59	119,44	97,26	50,90	158,32	$y = -54,024x + 257,86$	54,024	R2 = 0,91
N	Huechuraba	236,01	113,64	96,86	77,82	157,01	$y = -49,136x + 253,92$	49,136	R2 = 0,79
N	Independencia	183,86	149,85	119,05	59,90	146,98	$Y = -40,269x + 228,84$	40,269	R2 = 0,98
N	Quinta Normal	187,09	94,04	78,47	60,50	135,11	$y = -39,532x + 203,86$	39,532	R2 = 0,82
N	Recoleta	225,69	128,25	99,02	55,82	164,08	$y = -53,884x + 261,9$	53,884	R2 = 0,93
N	Santiago	326,22	212,94	159,64	39,44	122,15	$y = -91,362x + 412,96$	91,362	R2 = 0,98
S	El Bosque	222,48	95,37	74,11	42,36	161,97	$y = -56,161x + 248,99$	56,161	R2 = 0,84
S	La Cisterna	89,70	38,52	37,34	75,89	77,63	$y = -4,2624x + 71,019$	4,2624	R2 = 0,04
S	La Florida	133,67	62,10	50,11	60,20	99,39	$y = -23,241x + 134,62$	23,241	R2 = 0,61
S	La Granja	200,25	112,43	78,74	45,93	149,42	$Y = -49,665x + 233,5$	49,665	R2 = 0,93
S	La Pintana	236,36	105,42	88,36	52,28	185,27	$y = -56,933x + 262,94$	56,933	R2 = 0,84
S	Lo Espejo	162,19	56,92	60,36	27,66	111,62	$y = -40,014x + 176,82$	40,014	R2 = 0,77
S	Lo Prado	177,93	75,35	54,40	72,91	131,25	$y = -33,601x + 179,15$	33,601	R2 = 0,60
S	Macul	145,67	122,33	74,45	45,91	113,24	$y = -34,717x + 183,88$	34,717	R2 = 0,98
S	Pedro Aguirre Cerda	150,63	61,65	67,19	34,80	110,48	$y = -34,193x + 164,05$	34,193	R2 = 0,78
S	Puente Alto	198,02	67,29	54,45	43,45	119,99	$y = -47,655x + 209,94$	47,655	R2 = 0,73
S	San Bernardo	253,83	104,96	77,46	69,80	179,38	$y = -57,956x + 271,4$	57,956	R2 = 0,75
S	San Joaquín	149,66	52,14	42,06	37,98	98,48	$y = -34,513x + 156,74$	34,513	R2 = 0,70
S	San Miguel	99,56	54,51	49,05	62,45	81,04	$y = -11,678x + 95,588$	11,678	R2 = 0,44
S	San Ramón	255,60	169,58	118,69	22,66	186,31	$y = -74,972x + 329,06$	74,972	R2 = 0,98
W	Cerrillos	244,86	107,66	96,15	45,71	154,68	$y = -60,895x + 275,83$	60,895	R2 = 0,85
W	Cerro Navia	205,35	104,25	77,86	46,02	152,65	$y = -50,437x + 234,46$	50,437	R2 = 0,89
W	Maipú	195,76	106,07	80,81	54,59	115,33	$y = -44,877x + 221,5$	44,877	R2 = 0,89
W	Pudahuel	223,72	75,81	79,60	56,43	144,20	$y = -49,808x + 233,41$	49,808	R2 = 0,69
W	Quilicura	276,40	137,89	109,18	56,61	145,83	$y = -68,808x + 317,04$	68,808	R2 = 0,90
W	Renca	240,29	105,90	79,65	67,97	168,91	$y = -54,322x + 259,26$	54,322	R2 = 0,78
E	La Reina	97,74	106,54	51,63	50,99	98,33	$y = -19,517x + 125,52$	19,517	R2 = 0,73
E	Las Condes	79,30	58,24	37,11	39,67	58,24	$y = -14,004x + 88,588$	14,004	R2 = 0,85
E	Lo Barnechea	204,06	182,28	60,76	42,18	91,42	$y = -60,717x + 274,11$	60,717	R2 = 0,90
E	Ñuñoa	94,81	86,90	53,67	60,10	82,43	$y = -13,735x + 108,21$	13,735	R2 = 0,78
E	Peñalolén	139,92	104,85	69,43	37,70	102,73	$y = -34,207x + 173,49$	34,207	R2 = 0,99
E	Providencia	244,79	92,84	71,64	50,14	102,67	$y = -60,515x + 266,14$	60,515	R2 = 0,78
E	Vitacura	34,53	0,00	17,29	48,37	53,66	$y = 5,8795x + 10,348$	5,8795	R2 = 0,13

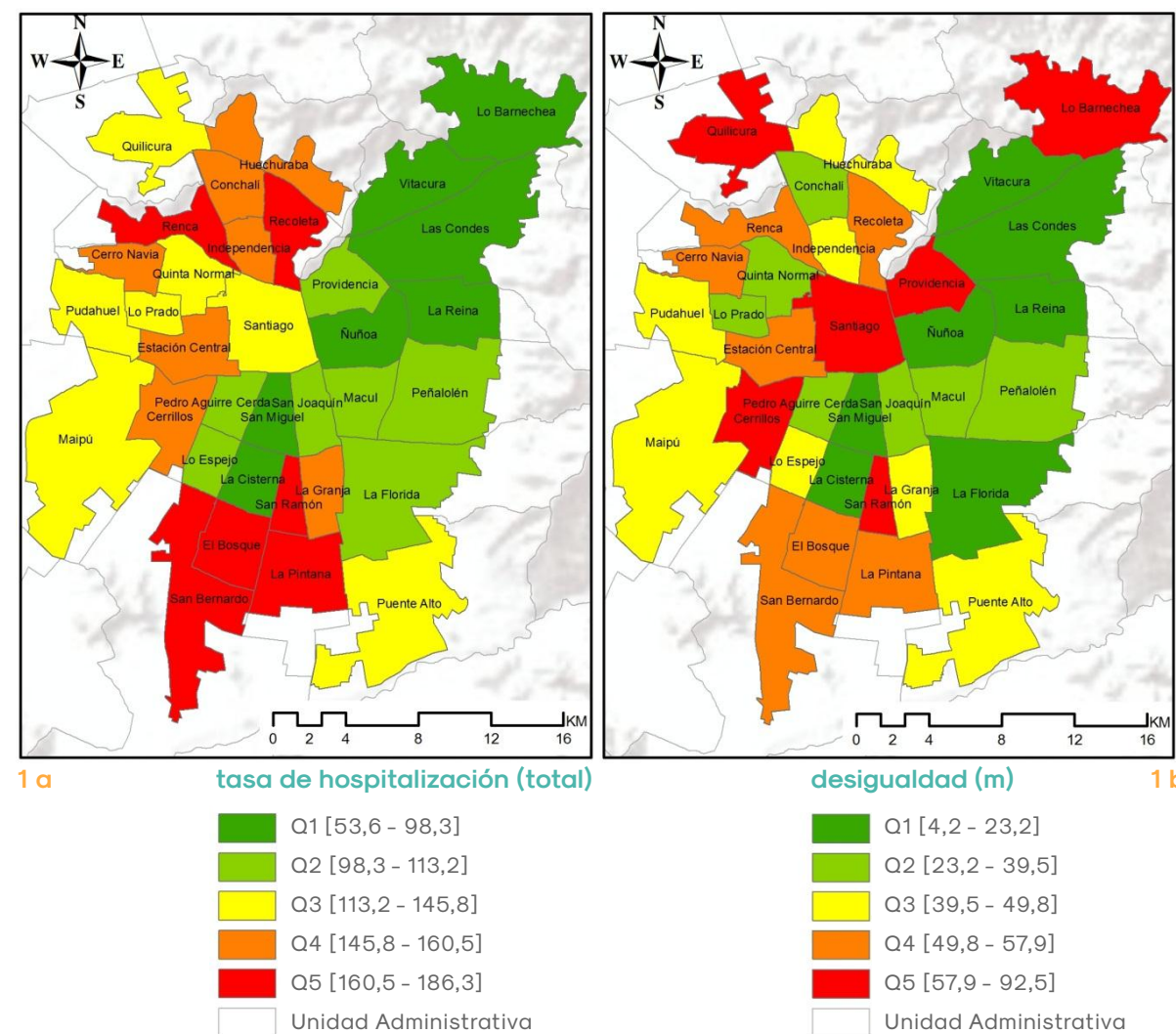


Figura 1. Distribución territorial de la Tasa de Hospitalización y desigualdad entre grupos socioeconómicos por Unidad Administrativa del Área Metropolitana de Santiago de Chile. Periodo 2005-2009

Fuente: elaboración propia

El **cuadro 1** también muestra que para 28 de las 34 unidades espaciales en estudio, el coeficiente de correlación entre GSE y el impacto en salud son positivos y altos con valores sobre 0,7 en San Joaquín (S) y hasta 0,99 en Peñalolén (E); es decir, hay una correlación directa y robusta entre los GSE y el daño en salud, lo que permite indicar

que durante el periodo 2005-2009, en las UA bajo estudio, el GSE explica manifiestamente las diferencias en las TH de los menores de 5 años.

3.2 Inequidades en salud

La **figura 2** muestra los niveles de las TH según la gradiente de asociación con los

GSE elaborados en este estudio. El diagrama estandarizado identifica 4 grupos de interés de las UA desde una perspectiva de la magnitud de las inequidades.

Al estudiar el cuadrante superior derecho (Muy alta inequidad), hay 13 UA que territorialmente se concentran en el sector poniente del AMS (Figura 3). En concordancia con el comportamiento de la gradiente inversa significativa en este grupo, las diferencias de riesgos de requerir hospitalización según GSE varía desde 4 hasta 11 veces más hospitalizaciones, entre el GSE1 y el grupo de mayor ingreso (Cuadro 2).

Los grupos menos pobres presentan disminución en los riesgos de daño en salud, pero aún por sobre los valores del grupo de comparación con GSE 4, con RR del GSE 2 entre 7 y 1,5 veces; y con 5 y 1 veces más para GSE 3.

En el cuadrante superior izquierdo se encuentran las UA con bajas TH de los niños menores de 5 años, pero estas cifras satisfactorias encubren las enormes brechas entre los GSE, primero identificado por los valores altos de la gradiente y luego por los RR de los GSE más bajos con el de contraste. Las diferencias para el GSE 1 varían entre comunas con valores de hasta 8 veces más

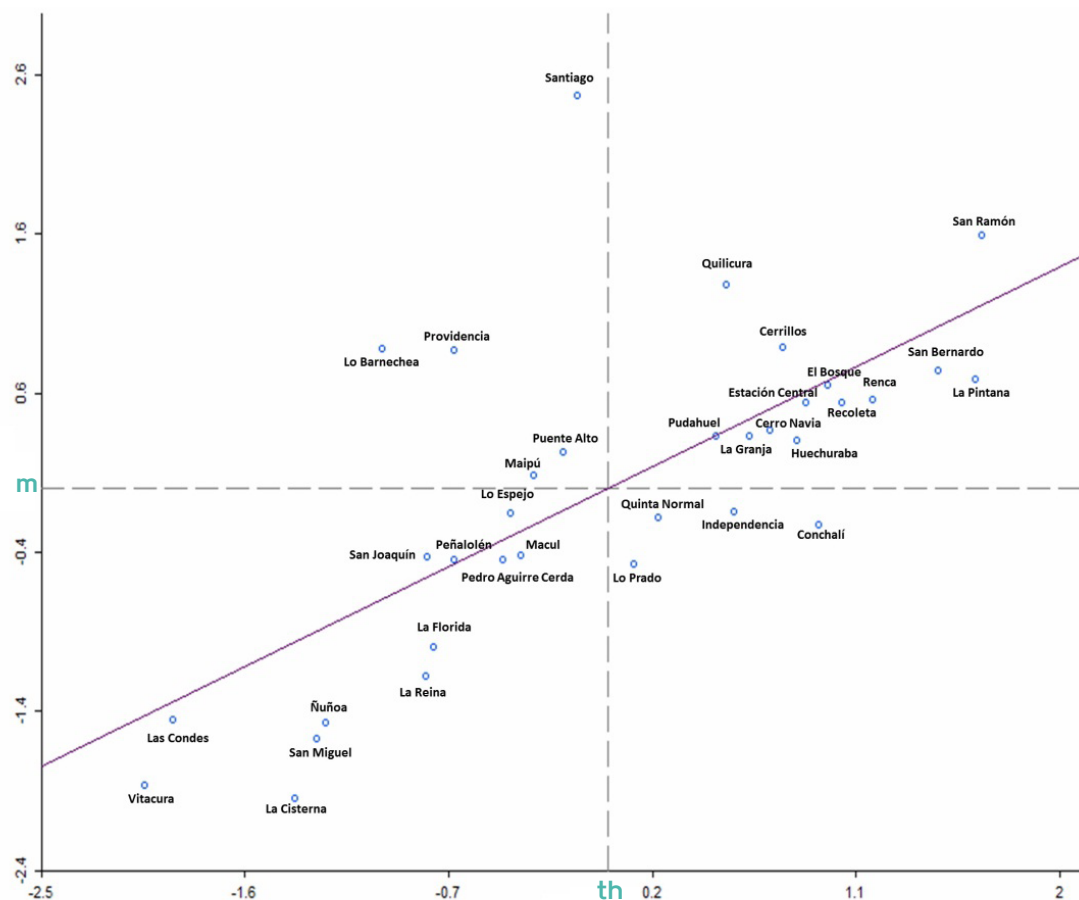


Figura 2. Inequidad en la hospitalización de los niños menores de 5 años por Unidad Administrativa del Área Metropolitana de Santiago de Chile. Periodo 2005-2009
Fuente: elaboración propia

Cuadro 2. Riesgo Relativo según grupo socioeconómico por Unidad Administrativa del Área Metropolitana de Santiago de Chile y posición en el cuadrante de inequidad. Periodo 2005–2009
Fuente: elaboración propia

Zona	UA	GES 1	GES 2	GES 3	GES 4	Posición en el cuadrante de inequidad
N	Estación Central	4,39	2,35	1,91	1	Muy Alta Inequidad
N	Huechuraba	3,03	1,46	1,24	1	Muy Alta Inequidad
N	Recoleta	4,04	2,30	1,77	1	Muy Alta Inequidad
S	El Bosque	5,25	2,25	1,75	1	Muy Alta Inequidad
S	La Granja	4,36	2,45	1,71	1	Muy Alta Inequidad
S	La Pintana	4,52	2,02	1,69	1	Muy Alta Inequidad
S	San Bernardo	3,64	1,50	1,11	1	Muy Alta Inequidad
S	San Ramón	11,28	7,48	5,24	1	Muy Alta Inequidad
W	Cerrillos	5,36	2,36	2,10	1	Muy Alta Inequidad
W	Cerro Navia	4,46	2,27	1,69	1	Muy Alta Inequidad
W	Pudahuel	3,96	1,34	1,41	1	Muy Alta Inequidad
W	Quilicura	4,88	2,44	1,93	1	Muy Alta Inequidad
W	Renca	3,54	1,56	1,17	1	Muy Alta Inequidad
N	Santiago	8,27	5,40	4,05	1	Alta Inequidad
S	Puente Alto	3,96	1,34	1,41	1	Alta Inequidad
W	Maipú	3,59	1,94	1,48	1	Alta Inequidad
E	Lo Barnechea	4,84	4,32	1,44	1	Alta Inequidad
E	Providencia	4,88	1,85	1,43	1	Alta Inequidad
N	Conchalí	2,36	1,72	1,32	1	Moderada Inequidad
N	Independencia	3,07	2,50	1,99	1	Moderada Inequidad
N	Quinta Normal	3,09	1,55	1,30	1	Moderada Inequidad
S	Lo Prado	2,44	1,03	0,75	1	Moderada Inequidad
S	La Cisterna	1,18	0,51	0,49	1	Baja Inequidad
S	La Florida	2,22	1,03	0,83	1	Baja Inequidad
S	Lo Espejo	5,86	2,06	2,18	1	Baja Inequidad
S	Macul	3,17	2,66	1,62	1	Baja Inequidad
S	Pedro Aguirre Cerda	4,33	1,77	1,93	1	Baja Inequidad
S	San Joaquín	3,94	1,37	1,11	1	Baja Inequidad
S	San Miguel	1,59	0,87	0,79	1	Baja Inequidad
E	La Reina	1,92	2,09	1,01	1	Baja Inequidad
E	Las Condes	2,00	1,47	0,94	1	Baja Inequidad
E	Nuñoa	1,58	1,45	0,89	1	Baja Inequidad
E	Peñalolen	3,71	2,78	1,84	1	Baja Inequidad
E	Vitacura	0,71	0,00	0,36	1	Baja Inequidad

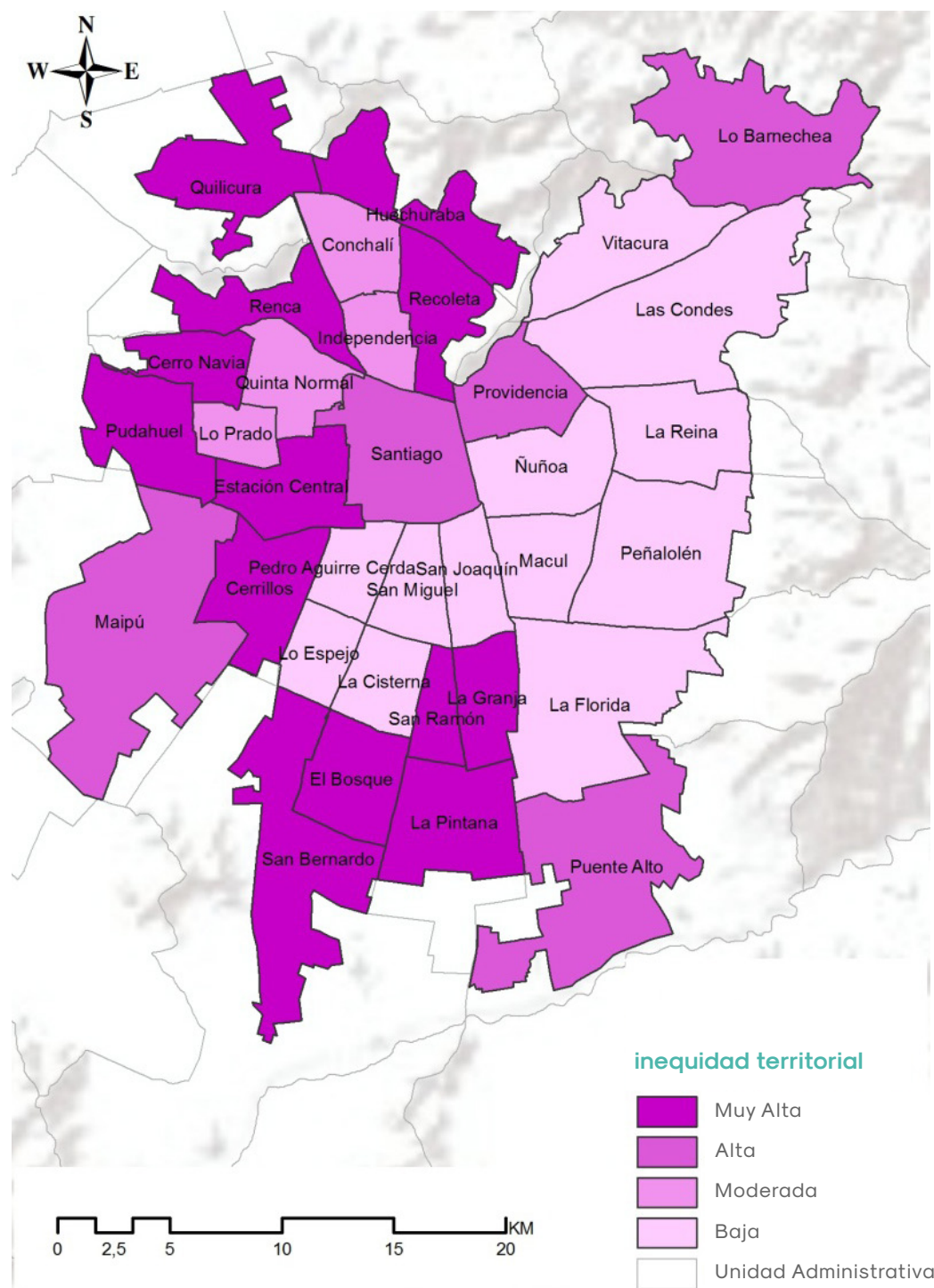


Figura 3. Distribución territorial de la Inequidad en la hospitalización de los niños menores de 5 años por Unidad Administrativa del Área Metropolitana de Santiago de Chile. Periodo 2005-2009
Fuente: elaboración propia

riesgo de hospitalización y con un mínimo de 3,6 veces más (Cuadro 2). El modelo de distribución espacial es aleatorio, presente en todos los sectores (Figura 3).

El grupo de AU del cuadrante inferior derecho muestra a 4 comunas con características de menor inequidad y mayor TH, lo que sugiere que los daños en salud, asociados a la contaminación ambiental en menores de 5 años, afectaron a todos de manera similar (Cuadro 2). El modelo de distribución espacial es concentrado en la zona norte (Figura 3).

Por último, nuestro análisis arroja un grupo de UA con baja magnitud del riesgo, medida por sus bajas TH y menor gradiente de inequidad entre los GSE (Cuadro 2). Estas 12 UA se concentran en la zona oriente, eje SE (Figura 3).

4. Discusión

Existe el entendimiento moderno que las desigualdades en salud son un tópico de gran relevancia científica y pública, y se pronostica que lo seguirán siendo mientras existan diferencias considerables en el daño al estado de salud de los grupos de población según sus desiguales factores discriminantes, en correlato a la diversidad connatural de la sociedad actual.

En este sentido, las ciudades presentan desafíos específicos para el enfoque de la salud y el medio ambiente. Reflexionar sobre el hecho urbano en su perspectiva ambiental conduce necesariamente a entender la dinámica relacional de un sistema complejo asignado por determinaciones socio-culturales, donde el ser humano, en sus procesos de adaptación tecnológica, regula el equilibrio de los nuevos sistemas que construye (Vargas *et al.*, 2008).

El constante interés de la comunidad científica por abordar estos temas de desigualdad, es promovido por el intenso dinamismo con que se enfrenta la política pública del siglo XXI a manos de un detrimento sostenido del medioambiente y la calidad de vida de la población, afectando principalmente a aquellos grupos más desaventajados. En el contexto de la contaminación, resalta el hecho que es un evento que causa serios problemas de salud en millones de personas en todo el mundo, especialmente en aquellos individuos con enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Carnesecca *et al.*, 2012). De igual forma, si las comunidades desfavorecidas están expuestas a niveles elevados de contaminación del aire y posteriormente, debido a los efectos adicionales de privación material y el estrés psicosocial, es plausible considerar que sean más susceptibles a los efectos de la exposición a la contaminación sobre la salud. Adicionalmente, los factores socioeconómicos podrían modificar la relación entre la contaminación atmosférica y los resultados de salud (Pearce & Kingham, 2008). En teoría, las personas con peor situación socioeconómica también están más predispuestas a recibir los efectos de la contaminación del aire, ya que tienen limitado acceso a la información o a los recursos para comprar alimentos saludables, lo que resulta en reducción de la ingesta de vitaminas antioxidantes que podrían protegerlos de las consecuencias adversas de exposición a la contaminación del aire, además de tener un acceso condicionado a su nivel de pago, para atención médica y recibir prescripciones inadecuadas para las condiciones respiratorias como el asma (Habermann *et al.*, 2014).

En términos de material particulado inferior a 10 micras, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha señalado, que las partículas sólidas en suspensión en el aire afectan a la población mundial de forma más permanente que cualquier otro contaminante; se dispone de datos sobre las concentraciones de partículas en la atmósfera, datos epidemiológicos sobre su exposición y efectos en la salud, más que de cualquier otro contaminante. Un documento reciente de la OMS informa que más de 40% de la morbilidad mundial se origina por factores ambientales (Gil, 2008). La contribución estimada de la contaminación del aire a las infecciones respiratorias es, aproximadamente, sobre 40% en países en desarrollo y 20% en los industrializados (Gavidia *et al.*, 2009). En Latinoamérica, por cada cien consultas pediátricas ambulatorias, aproximadamente 70 se deben a infecciones respiratorias agudas (IRA); de igual manera, se reporta que este evento contribuye con una de cada dos hospitalizaciones en servicios pediátricos, principalmente en épocas de invierno. Se debe destacar que, en las áreas urbanas los niños pequeños que juegan en las calles y aquellos transportados en cochecillos, respiran a la altura de los tubos de escape por lo que pueden estar expuestos a hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno y otros tóxicos, que se suman a las concentraciones de material particulado, cenizas y plomo según el área (Gavidia *et al.*, 2009).

A la luz de estos antecedentes, en los últimos años se ha prestado considerable atención a los efectos adversos de la contaminación atmosférica sobre la salud, centrando la atención en el incremento de

la morbi-mortalidad en patologías respiratorias y cardiovasculares (Rodríguez *et al.*, 2012). Entre los pacientes que requieren hospitalización, entre 30 y 60% presentan neumonía y asma (Vargas *et al.*, 2008).

Se debe establecer que las causas que originan la contaminación son diversas, pero las actividades antropogénicas son las que más contribuyen al problema. Sin embargo, el grado de contaminación también está influenciado por otros factores, como el clima y la topografía. El clima influye de manera decisiva en la persistencia de los contaminantes atmosféricos; el viento, la temperatura y la radiación solar modifican de manera drástica la dispersión y el tipo de contaminantes que puede haber en un determinado momento; la topografía influye en el movimiento de las masas de aire y por lo tanto en la persistencia de la contaminación en una determinada zona geográfica. La combinación de todos estos factores determina finalmente la calidad del aire (Román *et al.*, 2009).

De acuerdo a aquello, cabe destacar el contexto de inequidad en que encuentra la población del AMS, la cual presenta una relevante geografía de la contaminación atmosférica por la cual las partículas se concentran en el sector Poniente de la misma presentando una dinámica de concentración de MP_{10} en el centro de la ciudad durante las noches y sobre el borde poniente durante las mañanas, siendo esta zona del área donde se concentra principalmente la población de estratos socioeconómicos medios y medios bajos (Romero *et al.*, 2010).

En consecuencia, comprender estos patrones de desigualdad abordados en el presente trabajo, los cuales poseen una expresión territorial intrínseca, goza de

una especial importancia ya que, el tipo de previsión y beneficiario de salud, se presenta como un indicador que permite evaluar el grado de desigualdad en salud que soportan los distintos grupos sociales residentes en un territorio, al permitir categorizar a la población atendida según

sus tramos de ingresos monetarios, y en base a esto inferir grupos socioeconómicos concentrados. Además, tiene la ventaja que cuenta con el dato de población total para cada uno de estos grupos, lo que permite la obtención de tasas comparables entre distintos territorios.

5. Conclusiones

Queda de manifiesto que ante una hipotética igualdad de grado y tiempo de exposición a contaminación por material particulado, el riesgo de enfermar, aumenta a medida que disminuye el GSE, siendo éstos en definitiva, aquellos que soportan la mayor carga de hospitalizaciones. En base a estos resultados se logra identificar los territorios donde se concentran los daños en salud en relación a la magnitud de las inequidades ocurridas durante el quinquenio en estudio.

Esta comunicación contribuye a la literatura al usar la información del tipo de beneficiario y previsión de salud como un indicador que permite evaluar la desigualdad en salud, asociando los tramos de ingreso monetario de cada categoría, y en base a esto inferir grupos socioeconómicos concentrados excluyentes entre sí. Además tiene la ventaja localizar estos grupos según residencia, lo que permite la obtención de tasas específicas comparables tanto inter como intra territorios.

6. Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto FONDECYT N° 11121354, financiado por el Programa Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Chile.

7. Referencias citadas

- ASCHAN-LEYGONIE, C. ; BAUDET-MICHEL, S. ; MATHIAN, H. & L. SANDERS. 2013. "Gaining a better understanding of respiratory health inequalities among cities: An ecological case study on elderly males in the larger French cities". *International Journal of Health Geographics*, 12: 19.
- BETTS, K. 2011. "Ambient Air Pollution and Infant Health: Home Monitors Make Cardiorespiratory Connections". *Environmental Health Perspectives*, 119: a398-a398.
- CARNESECA E.; ACHCAR, J. & E. MARTÍNEZ. 2012. "Association between particulate matter air pollution and monthly inhalation and nebulization procedures in Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil". *Cadernos de Saúde Pública*. 28(8): 1.591-1.598.
- GAVIDIA, T.; PRONCZUK, J. y P. SLY. 2009. "Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños: Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente". *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 25(2): 99-108.
- GIL, S. 2008. "Salud ambiental infantil: un nuevo desafío para el pediatra". *Archivos Argentinos de Pediatría*, 106(5): 458-461.
- HABERMANN, M.; SOUZA, M.; PRADO, R. & N. GOUVEIA. 2014. "Socioeconomic inequalities and exposure to traffic-related air pollution in the city of São Paulo, Brazil". *Cadernos de Saúde Pública*, 30(1): 119-125.
- HERTEL-FERNANDEZ, A.; GIUSTI, A. & J. SOTELO. 2007. "The Chilean infant mortality decline: improvement for whom? Socioeconomic and geographic inequalities in infant mortality, 1990-2005". *Bulletin of the World Health Organization*, 85(10): 798-804.
- HU, Z.; LIEBENS, J. & K. RAO. 2008. "Linking stroke mortality with air pollution, income, and greenness in northwest Florida: an ecological geographical study". *International Journal of Health Geographics*, 7: 20.
- LABRA, M. A. 2002. "La reinversión neoliberal de la inequidad en Chile. El caso de la salud". *Cadernos de Saúde Pública*, 18(4): 1.041-1.052.
- LANDMANN, C.; BASTOS, F. y C. TAVARES DE ANDRADE. 2002. "Medidas de desigualdad en salud: la discusión de algunos aspectos metodológicos con una aplicación para la mortalidad neonatal en el Municipio de Rio de Janeiro, 2000". *Cadernos de Saúde Pública*, 18(4): 959-970.
- MARMOT, M. & R. WILKINSON. 2001. "Psychological and material pathways in the relation between income and health: a response to Lynch *et al.*". *British Medical Journal*, 322: 1.233-1.236.
- MEHTA, S.; SHIN, H.; BURNETT, R.; NORTH, T. & A. COHEN. 2013. "Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: a systematic review and implications for estimating the global burden of disease". *Air Quality, Atmosphere and Health*, 6(1): 69-83.

- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2011. *Informe del estado del medio ambiente 2011*. Ministerio del Medio Ambiente. Santiago de Chile.
- NICOD, C. y M. IIZUKA. 2000. *Conciencia ciudadana y contaminación atmosférica: Estado de situación en el Área Metropolitana de Santiago de Chile*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- NILUNGER, L.; DIDERICHSEN, F.; BURSTRÖM, B. & P. ÖSTLIN. 2004. "Using risk analysis in Health Impact Assessment: the impact of different relative risks for men and women in different socio-economic groups". *Health Policy*, 67: 215-224.
- PEARCE, J. & S. KINGHAM. 2008. "Environmental inequalities in New Zealand: A national study of air pollution and environmental justice". *Geoforum*, 39: 980-993.
- PHILIPS, B.; GONG, G.; HARGRAVE, K.; BELASCO, E. & C. LYFORD. 2011. "Correlation of the ratio of metastatic to non-metastatic cancer cases with the degree of socioeconomic deprivation among Texas counties". *International Journal of Health Geographics*, 10: 12.
- RICHARDSON, E.; PEARCE, J.; TUNSTALL, H.; MITCHELL, R. & N. SHORTT. 2013. "Particulate air pollution and health inequalities: a Europe-wide ecological analysis". *International Journal of Health Geographics*, 12: 34.
- RODRÍGUEZ, L.; CASTRO, H. & J. REY. 2012. "The effects of air pollution on respiratory health in susceptible populations: a multilevel study in Bucaramanga, Colombia". *Cadernos de Saúde Pública*, 28(4): 749-757.
- ROMÁN, O.; PRIETO, M.; MANCILLA, P.; ASTUDILLO, P.; ACUÑA, C. e I. DELGADO. 2009. "Aumento del riesgo de consultas cardiovasculares por contaminación atmosférica por partículas. Estudio en la ciudad de Santiago". *Revista Chilena de Cardiología*, 28(2): 159-164.
- ROMERO, H.; IRARRÁZAVAL, F.; OPAZO, D.; SALGADO, M. y P. SMITH. 2010. "Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile". *Revista EURE*, 36(109): 35-62.
- VARGAS, S.; ONATRA, W.; OSORNO, L.; PÁEZ, E. y O. SÁENZ. 2008. "Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y en adultos mayores". *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 11(1): 31-45.

Análisis del confort

climático en la ciudad de Tandil, Argentina

Climatic confort analysis in Tandil city, Argentina

Natasha Picone

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Centro de Investigaciones Geográficas (CIG), Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCOS), CONICET. Tandil, Provincia de Buenos Aires
npicone@fch.unicen.edu.ar

Alicia M. Campo

Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo. Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires), Argentina
amcampo@uns.edu.ar

Resumen

Los efectos urbanos sobre el clima regional también alteran las condiciones de confort, modificándolas a escala local y microclimática. No existen trabajos sobre esta temática en la ciudad de Tandil, por lo cual el objetivo del presente artículo es estudiar el confort en la ciudad. Se analizaron las condiciones regionales utilizando tres índices de verano y uno de invierno, ya que se considera que las ciudades con clima templado generan mayores condiciones de poco confort en verano que en invierno. Los mismos índices fueron calculados para realizar una comparación urbano-rural de la temática. Además, se estudió particularmente la distribución espacial del Humidex para la estación estival. El resultado fue que la ciudad presentó mejores condiciones de confort climático durante el invierno que el área circundante, mientras que durante la tarde y la noche del verano se presentaron áreas de poca confortabilidad en el norte y en el centro urbano.

Palabras clave: clima urbano; confort climatic; Humidex.

Abstract

Urban effects on regional climate also affect comfort condition modifying it at a local and microclimatic scale. There are not studies about climatic confort in Tandil city and that is why this article main objective is to study the confort in the city. Regional confort conditions were analyzed by using three indexes for summer confort and one for winter, because temperate climate cities are supposed to generate discomfort condition during summer more than winter. The same three indexes were calculated to develop a rural-urban comparison. By using data from summer measurement, the spatial distribution of the Humidex was studied. The result was that the city had best confort conditions during winter than surrounding area, while in summer afternoon and night had discomfort in the north and center of the urban area.

Key words: urban climate; climatic confort; Humidex.

1. Introducción

Los climas urbanos son las modificaciones a escala local de los climas regionales a causa de las variaciones generadas por el espacio urbano en las condiciones de sitio (Landsberg, 1981). Estos cambios se ven reflejados en los parámetros meteorológicos. De esta manera, la temperatura, la humedad y el viento se ven afectados por los cambios en la morfología urbana, generando nuevas condiciones de confort en la ciudad.

El confort climático es entendido por ASHRAE (1966) como las condiciones de la mente humana que expresan satisfacción con el ambiente térmico. Estas condiciones han sido estudiadas desde la antigüedad y en la actualidad, dichos trabajos tienen por objetivo analizar los mecanismos que el hombre utiliza para estar en equilibrio con la temperatura exterior y en qué condiciones esos mecanismos dejan de funcionar produciendo daños irreversibles; estos estudios comprenden una rama de amplio desarrollo en los trabajos de clima urbano, centrándose en cómo varía al interior de la ciudad la confortabilidad de las personas (Tornero *et al.*, 2006). Existen en la actualidad varios índices de confort térmico, ya sean para condiciones de verano o de invierno; algunos de los más conocidos son: Humidex (Weather Services of Environment Canada, 2001), Temperatura Aparente (Steadman, 1984), Enfriamiento por efecto del Viento (Siple y Passel, 1945) o el de Temperatura Equivalente (Quayle y Steadman, 1999). También se han construido diagramas bioclimáticos donde se integran dos o más variables y se determinan distintas zonas de confort, uno de los más utilizados es el de Olgay (1988). Este tipo de análisis

se ha llevado a cabo en distintas partes del globo: Toronto y Montreal (Kosatsky *et al.*, 2005; Stathopoulos *et al.*, 2004; Sarricolea Espinoza y Romero Aravena, 2010).

En la Argentina se han desarrollado trabajos sobre la temática en varias ciudades: Bahía Blanca presentó los primeros resultados sobre la misma a partir de un estudio pormenorizado de varios índices (Capelli de Steffens *et al.*, 2005). Los análisis realizados por García (2009) en Mar del Plata y Necochea mostraron los efectos de la brisa del mar sobre el confort. En Mendoza se han desarrollado trabajos sobre las variables que condicionan la sensación de confort (Polimeni, 2000) y cuáles son los efectos que las áreas verdes y la diagramación de la ciudad tienen sobre este parámetro (Correa *et al.*, 2010). La ciudad de Tandil carece de este tipo de estudios; es por ello que en este trabajo se analizan las condiciones generales de confort en el área, realizando una comparación urbano-rural y estudiando la distribución espacial del mismo en el interior de la ciudad.

La ciudad de Tandil ($37^{\circ} 19' S - 59^{\circ} 07' O$) es cabecera del partido homónimo y cuenta con 116.916 habitantes (INDEC, 2010). Está ubicada en el centro sur de la provincia de Buenos Aires y se emplaza en la cuenca media de los arroyos Blanco y del Fuerte, rodeada a su vez de oeste a sur por el sector central del sistema de Tandilia (Figura 1). Se ubica dentro de los climas templados argentinos, con características de tipo chino (Picone, 2014), con una amplitud térmica inferior a los $20^{\circ} C$ y diferencias estacionales marcadas tanto térmicas como pluviométricas (Figura 2).

Tandil cuenta con una economía muy diversificada; la extracción de piedra en

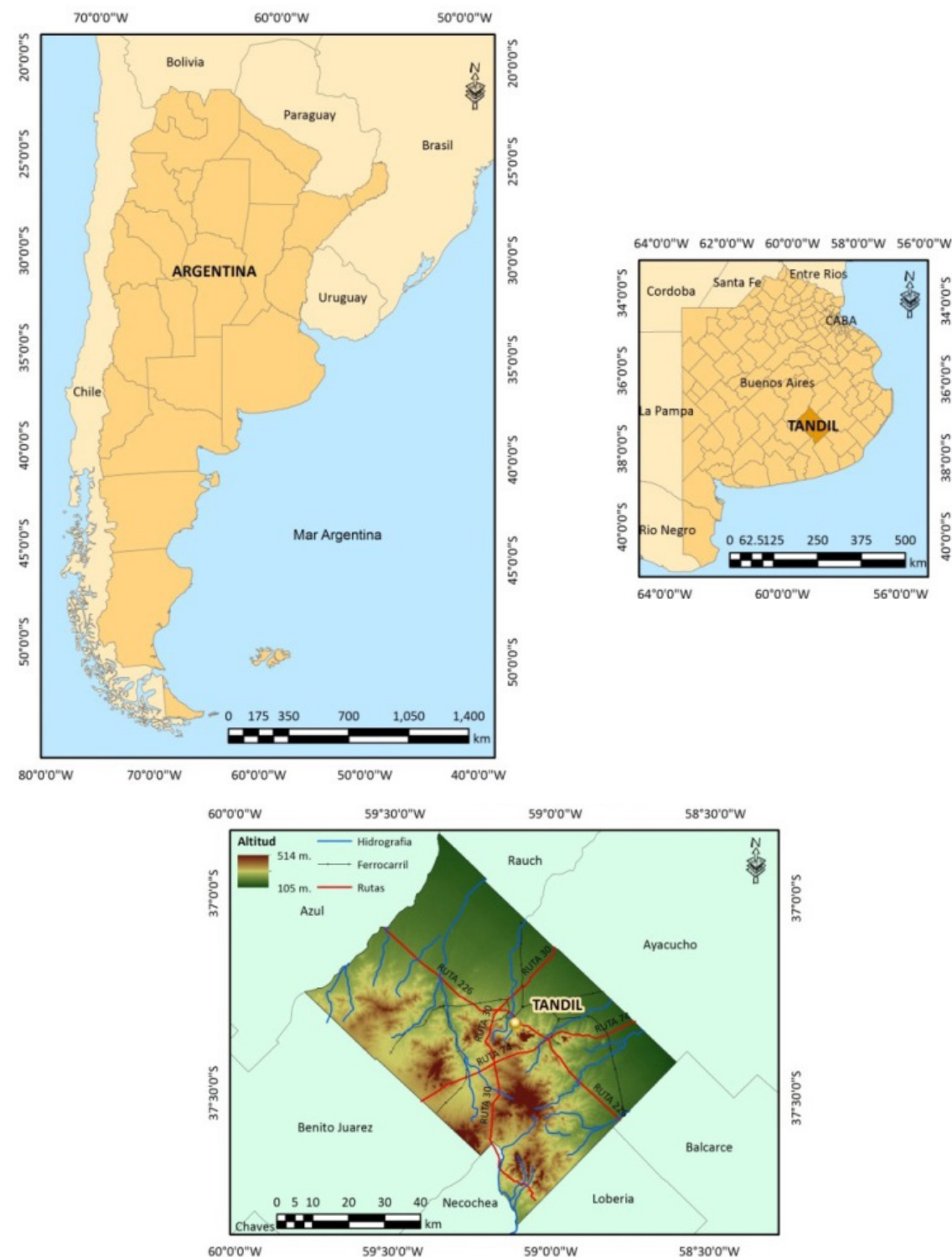


Figura 1. Ubicación de la ciudad de Tandil
Fuente: elaborado por Picone y Campo, 2014

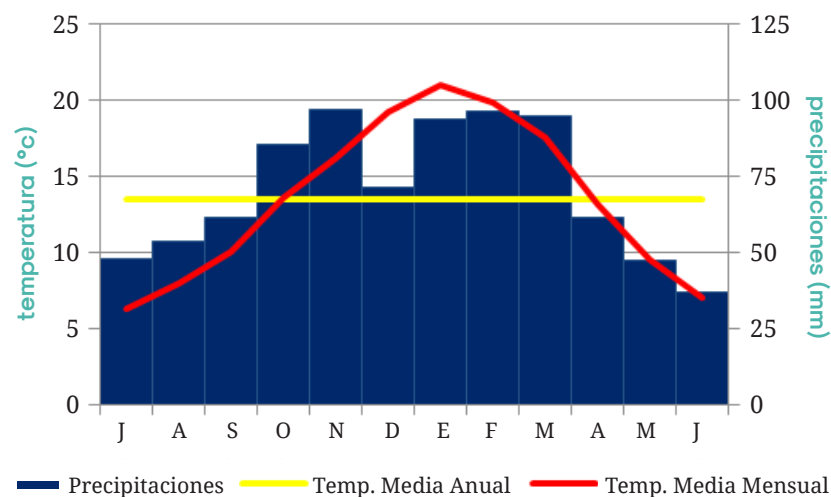


Figura 2. Diagrama ombrotérmico Tandil-AERO 2001-2010

Fuente: Estadísticas climáticas Servicio Meteorológico Nacional.

Elaborado por Picone y Campo, 2014

cercanías a la zona urbana se desarrolló hasta el año 2012, cuando la zona fue declarada Área de Paisaje Protegido por la provincia de Buenos Aires. La actividad secundaria está representada por las industrias metalmeccánicas, las agroindustrias y las informáticas. El sector terciario es de gran importancia en servicios financieros, comerciales, educativos y turísticos cuyo auge surgió en los últimos 15 años.

2. Materiales y métodos

Según Voogt (2002), las ciudades de climas templados presentan condiciones favorables en cuanto al confort durante las épocas frías y pueden generar zonas de poca confortabilidad durante el verano. Es por ello que se seleccionaron para el estudio del confort de la ciudad tres índices asociados a las condiciones de verano y uno a las de invierno. Los mismos fueron calculados utilizando como base las estadísticas cli-

máticas del Servicio Meteorológico Nacional (1981-2010) y los datos medios de la estación automática urbana, comparándolos a su vez con los datos de la estación Tandil-AERO.

El primero de ellos fue el Humidex, que indica cuál es la temperatura efectiva que el individuo percibe bajo ciertas condiciones de humedad y temperatura (Capelli de Steffens *et al.*, 2005). El mismo fue desarrollado por el Servicio Meteorológico Canadiense y se comenzó a utilizar en 1965. La fórmula es:

$$Th = T + 5/9 * (e-10) \quad [1]$$

donde:

T es la temperatura real (°C) y e es la presión de vapor (mb).

Según el valor obtenido se lo clasifica en categorías de confort: *Confortable* (20 – 29 °C); *Poco confortable* (30 – 39 °C); *Muy poco confortable, evitar ejercicios físicos* (40 – 45

°C); *Peligro* (45 – 53 °C); *Inminente peligro de sufrir infarto al corazón* (> 54 °C).

El segundo índice de calor es el de Temperatura Aparente (T_a), que se basa en la resistencia térmica que una persona necesita para mantener el equilibrio (Steadman, 1984). Se calcula utilizando la temperatura real en °C (T), presión de vapor en mb (e) y velocidad del viento en m/s (V):

$$T_a = -2,7 + 1,04*T + 2,0*e^{-0,65*V} \quad [2]$$

El Índice de Temperatura-Humedad (ITH) muestra la sensación de bienestar del individuo y normalmente es inferior a la temperatura real (Segal y Pielke, 1981). Según los valores obtenidos se clasifica en: *Confortable* (hasta 21,1 °C); *Poco confortable* (23,6 °C – 26,7 °C) y *Agobio* (> 26,7 °C). Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$ITH = 0,4 (T - Th) + 4,78 \quad [3]$$

donde:

T es temperatura del bulbo seco (°C) y Th temperatura del bulbo húmedo (°C).

Para estudiar el confort durante la época invernal se utilizó el índice de Temperatura Equivalente (Quayle y Steadman, 1999), el cual permite analizar el efecto combinado de la temperatura en °C (T) y el viento en m/s (V).

$$Te = 1,41 - 1,162*V + 0,980*T + 0,0124*V^2 + 0,0185*V*T \quad [4]$$

A partir de él se calcula el factor de enfriamiento que se utiliza para conocer la pérdida de calor de una persona. Éste se calcula a través de la resta de la temperatura equivalente a la temperatura real.

3. Resultados

3.1 Análisis de las condiciones generales del confort climático en el área de estudio

Para conocer cuáles son las condiciones generales de confort para el área de estudio, se calcularon los índices con datos de las estadísticas climáticas de la estación Tandil-AERO (1971-2010) y se analizaron las posibles variaciones durante estas cuatro décadas.

Índices de calor

El cuadro 1 muestra los datos utilizados para el cálculo de los índices de confort térmico y valores obtenidos para cada década de cada índice. Todas las décadas analizadas presentan valores de confort; es decir, que los valores se encuentran entre los 20 °C y los 29 °C. A su vez, se puede observar que el mes de diciembre es el único que muestra una tendencia de aumento a lo largo de los años, mientras que los valores de enero y febrero no presentan una tendencia significativa. Por otro lado, las diferencias entre el índice y la temperatura real son máximas en enero y febrero y mínimo en diciembre, lo cual muestra efectos más acentuados del calor durante los dos primeros meses del año.

La combinación de temperatura, humedad y viento hacen que la Temperatura Aparente siempre sea ≈ 2 °C inferior a la temperatura real. El ITH en todas las mediciones se mantiene por debajo de los 21,1 °C.

Del análisis realizado se desprende que el área de estudio se emplaza en una zona confortable. Ninguno de los índices presen-

tó características de poca confortabilidad en los años considerados para el período estival.

Índices de frío

Las condiciones de poco confort térmico en condiciones de frío, según el diagrama de Olgay (1988), se producen cuando las temperaturas son inferiores a los 8 °C. Las mismas se presentan aunque las condiciones climáticas sean favorables (cielos despejados y sin viento). Como se puede observar en el **cuadro 2**, los meses de junio y julio poseen temperaturas mínimas inferiores a este valor, mientras que agosto solo tiene esos valores en la última década. Ello indica que la población durante el invierno está sometida a situaciones poco confortables.

La temperatura estimada siempre es mayor durante el mes de agosto, mientras que julio presenta valores siempre inferiores. A pesar de ello, por el efecto combinado del viento y la temperatura, el factor de enfriamiento siempre es más alto durante

agosto, lo que genera condiciones de poca confortabilidad en todo el período.

3.2 Comparación urbana rural del confort

El clima urbano genera modificaciones en el clima regional debido a las transformaciones que se dan en una ciudad. Como consecuencia de la alteración de los parámetros meteorológicos, las condiciones de confort pueden variar en el área urbana, teniendo por ello la necesidad de comparar los índices referentes a esta variable.

Índices de calor

Al comparar los datos rurales del período de estudio (2010-2013) con los datos mensuales de las estadísticas climáticas, se observó que los meses de diciembre y febrero fueron ligeramente más frescos que los estadísticos, mientras que enero presentó un valor levemente superior (**Cuadro 3**). La variación de cada uno es de 0,2 °C, lo que indica que se encuentra dentro de los valores normales.

Cuadro 1. Índices para verano de las estadísticas climáticas de la estación Tandil-AERO (1971-2010)

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Elaborado por Picone y Campo, 2014

	1971 - 1980			1981 - 1990			1991 - 2000			2001 - 2010		
	D	E	F	D	E	F	D	E	F	D	E	F
V (m/s)	6,28	5,2	6,4	5,8	6,3	5,9	5	4,6	4,4	4,55	4,4	4
e (mb)	15	16,2	16,5	15,1	17,2	17,1	14,3	16,1	15,9	14	15,8	16,5
T (°C)	19,4	20,5	19,5	19,4	21,1	20,2	19,2	20,5	19	19,2	20,9	19,8
Th (°C)	15,5	16,6	16,4	15,6	17,4	17	15	16,5	15,8	14,3	16,3	16,2
Humidex	22,2	23,9	23,1	22,2	25,1	24,1	21,6	23,9	22,3	21,4	24,1	23,4
Ta	17,5	18,6	17,6	17,5	19,2	18,3	17,3	18,6	17,1	17,3	19,0	17,9
ITH	18,7	19,6	19,1	18,8	20,2	19,7	18,5	19,6	18,7	18,2	19,7	19,2
T - Humidex	2,8	3,4	3,6	2,8	4,0	3,9	2,4	3,4	3,3	2,2	3,2	3,6

Cuadro 2. Índice para invierno de las estadísticas climáticas Tandil-AERO (1971-2010)

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Elaborado por Picone y Campo, 2014

	1971 - 1980			1981 - 1990			1991 - 2000			2001 - 2010		
	Jn	Jl	A	Jn	Jl	A	Jn	Jl	A	Jn	Jl	A
V (m/s)	6,1	6,3	6,8	4,7	5,2	5,5	4,4	4,3	4,6	4,0	4,3	4,6
T (°C)	7,5	7,4	8,3	7,2	6	8,4	7,2	6	8,1	7,0	6,3	7,9
TE	3,0	2,7	3,3	3,9	2,2	4,5	4,2	3,0	4,9	4,3	3,3	4,8
Enfriamiento	4,5	4,7	5,0	3,3	3,8	3,9	3,0	3,0	3,2	2,7	3,0	3,1

Cuadro 3. Índices de verano del área urbana y rural (2010-2013)

Fuente: elaborado por Picone y Campo, 2014

	Urbano			Rural		
	D	E	F	D	E	F
e (mb)	14,2	15,6	14,2	10,9	12,8	12,0
T (°C)	24,3	23,9	21,6	19,4	21,1	19,6
Humidex	26,7	27,1	23,9	19,9	22,7	20,7
Ta	23,0	22,6	20,2	17,5	19,3	17,7
T - Humidex	2,3	3,1	2,3	0,5	1,5	1,1

Al comparar datos del medio rural y urbano se observó un claro efecto urbano, principalmente en los meses de diciembre y enero. Los valores se presentan dentro de los rangos de confortabilidad para el índice Humidex, a pesar de que el aumento de las temperaturas en el área urbana es notable. Por otro lado, la Temperatura Aparente es inferior a la real, pero los valores urbanos tienen una menor diferencia que los rurales.

Las amplitudes entre la temperatura real y el Humidex muestran que el área urbana tiene diferencias que superan en dos veces a la rural. Todo esto indica que la zona más densamente construida está en

proceso de convertirse en una zona poco confortable para la población.

Índices de frío

Los valores rurales para el periodo de estudio mostraron que los mismos fueron ligeramente más fríos que las estadísticas climáticas, sobre todo en el mes de julio, donde la temperatura fue 0,4 °C inferior a los valores estadísticos en tanto que agosto y junio presentaron valores similares a los de referencia. Por otro lado, los valores de viento fueron mucho más bajos que las medias estadísticas (**Cuadro 4**), lo cual pudieron influenciar en las condiciones de confort.

Cuadro 4. Índice de frío del área urbana y rural (2010-2013)

Fuente: elaborado por Picone y Campo, 2014

	Urbano			Rural		
	Jn	Jl	A	Jn	Jl	A
V (m/s)	0,75	0,88	0,9	3,25	3,8	4
T (!C)	8,5	8,4	10,8	7,0	5,6	7,8
TE	9,0	8,8	11,1	5,0	3,0	5,2
Enfriamiento	-0,5	-0,4	-0,3	2,0	2,5	2,6

Todos los valores de temperatura del medio urbano son superiores a 8 °C, lo que estaría indicando condiciones más confortables que en el área rural, especialmente durante el mes de agosto, en el que se superaron los 10 °C de temperatura. Las amplitudes entre los valores rurales y urbanos fueron máximas durante agosto con 3 °C de diferencia.

Mediante el análisis de los valores de la Temperatura Estimada se identificó que las variaciones entre las dos áreas fueron muy importantes (valor máximo 5,9 °C). Esto indicó que las zonas urbanas presentaron condiciones mucho más confortables para su población que el área rural.

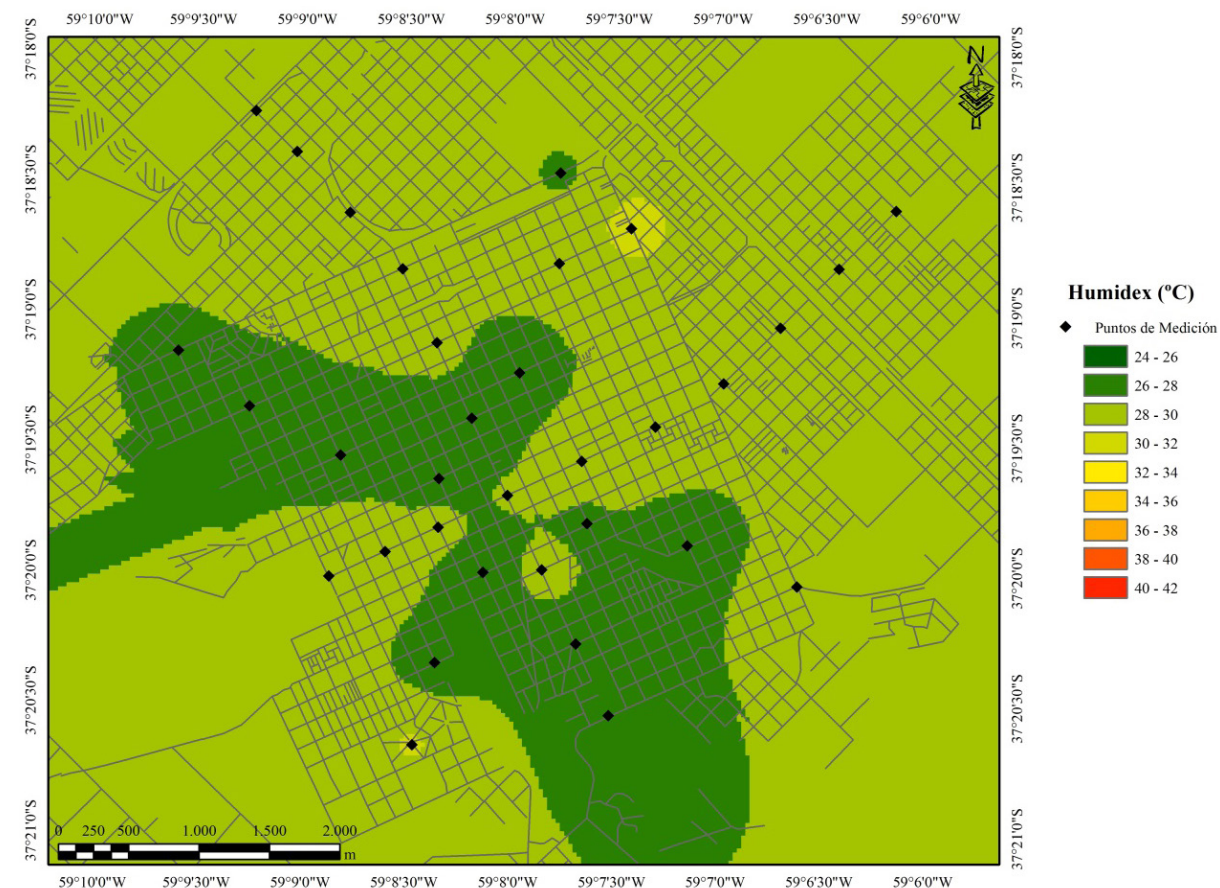
El factor de enfriamiento en el área urbana fue negativo, por lo que las condiciones fueron confortables. Mientras que en la zona rural dichas condiciones fueron negativas, ya que los valores indicaron más de 2 °C de enfriamiento por mes, aumentando así la poca confortabilidad. Además de las temperaturas, en este caso se destacó el efecto del viento en el área urbana, donde las menores velocidades contribuyeron a generar condiciones más confortables.

3.3 Distribución espacial del confort climático en verano en el interior de la ciudad

Estudiar la distribución del confort en el interior de la ciudad contribuye a comprender la variabilidad de los parámetros meteorológicos y cómo ellos afectan a la población. La zona urbana durante la época invernal presentó condiciones de confort corroboradas al analizar las mediciones de invierno (21 de agosto de 2011). Los valores obtenidos para la Temperatura Estimada y los factores de enfriamiento en cada punto de medición presentaron condiciones de confort debido principalmente a las bajas velocidades del viento.

Los procesos observados en el verano generaron posibilidades de condiciones de poco confort durante esta estación. Es por ello que se calculó el índice Humidex a partir de las mediciones realizadas el 8 de marzo de 2011 (Picone y Campo, 2012).

La **figura 3** muestra los valores obtenidos para el Humidex en las mediciones que se realizaron en el horario de la mañana. A pesar de que los valores fueron ligeramente superiores a la temperatura real, no se presentaron condiciones de poca con-

**Figura 3.** Valores del índice Humidex durante la mañana estival

Fuente: elaborado por Picone y Campo, 2014

fortabilidad, ya que los mismos estuvieron incluidos en la categoría de *Confortable*.

Durante la tarde las condiciones variaron (**Figura 4**). Se observó que toda la ciudad, incluso la periferia, presentó situaciones de *Poco Confort*. Los valores más bajos se encontraron en la zona este de la ciudad, donde dominan las áreas parquizadas. Gran parte de la urbe tuvo valores inferiores a 38 °C. Las áreas con mayores valores se concentraron en el norte de la ciudad, en el centro y en las inmediaciones del mismo. Las zonas con valores *Muy Poco Conforta-*

bles se observaron en el norte y el noreste de la ciudad, área ocupada por Metalúrgica Tandil, la estación del Ferrocarril y el Parque Norte.

Durante la noche la variabilidad espacial fue menor que en las mediciones anteriores (**Figura 5**). El índice presentó valores de *Poco Confort* lo que indicó que las condiciones de la tarde se prolongaron durante la noche. Se observó que, excepto en el oeste de la ciudad, todos los valores fueron superiores a 30 °C, con áreas de 32 °C en el noreste, coincidiendo con lo ocurrido durante la tarde.

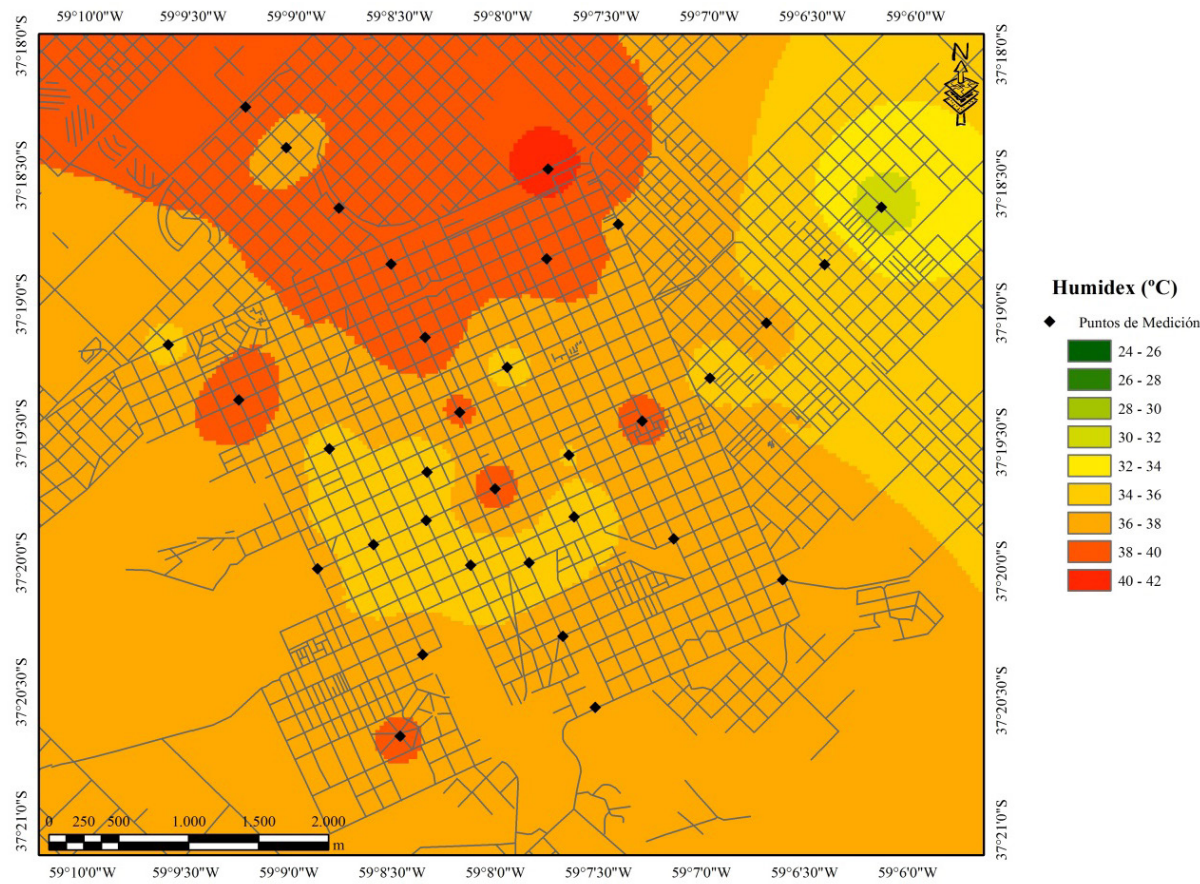


Figura 4. Valores del índice Humidex durante la tarde estival

Fuente: elaborado por Picone y Campo, 2014

4. Conclusiones

El área de estudio posee un clima regional que presenta condiciones de poco confort térmico en época invernal. A pesar de ello, en el área urbana durante el invierno no se generan estas situaciones que sí ocurren durante el verano, donde las condiciones rurales son más confortables que las urbanas. De esta manera se corrobora lo planteado por Voogt (2002), que en ciudades de climas templados las condiciones de poco confort se presentan durante el verano, mientras que en el invierno el área urbana

se ve favorecida por el efecto de la isla de calor y la disminución de las velocidades del viento.

Al analizar la distribución espacial interna del confort térmico durante el verano, se observó que existe poco confort durante la tarde y la noche, donde la isla de calor urbana está en su máximo desarrollo, generando sobre los sectores norte, noreste y en el centro de la ciudad áreas que al menos entran en la categoría *Poco Confort*. Es por ello que se considera necesario que para dichas áreas se implementen políticas

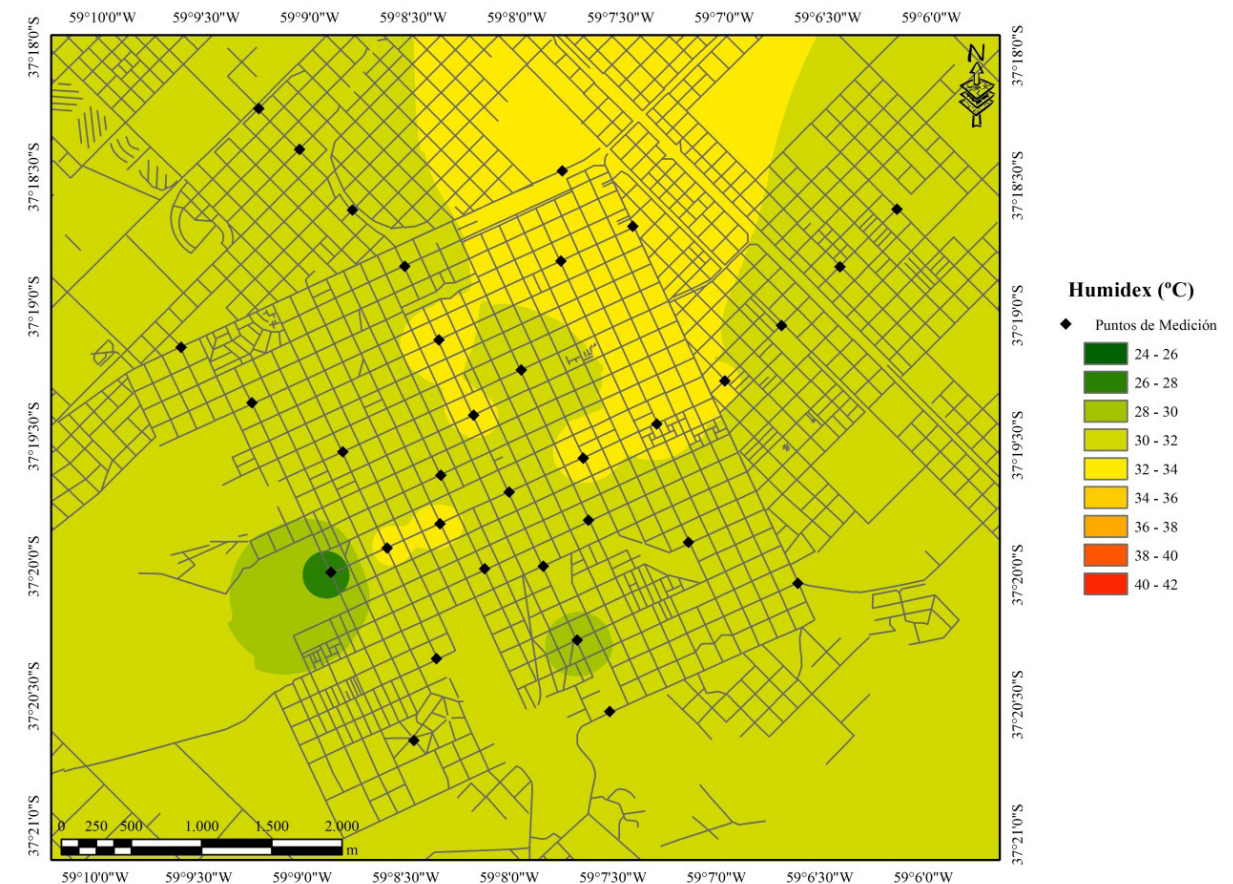


Figura 5. Valores del índice Humidex durante la noche estival

Fuente: elaborado por Picone y Campo, 2014

de mitigación, como por ejemplo la plantación de árboles caducifolios. Esta sencilla medida permitiría mantener condiciones confortables en verano y no impediría la formación de la isla de calor durante el invierno, que es beneficiosa para el confort del habitante urbano.

5. Nota

Este artículo se enmarca en los proyectos: Análisis de conflictos ambientales a distintas escalas. Aportes para la construcción de sustentabilidad (SPU-UNCPBA) y Geografía Física Aplicada al estudio de la interacción Sociedad-Naturaleza. Problemáticas a diferentes escalas témporo-espaciales (SGCyT-UNS)

6. Referencias citadas

- ASHEAR. 1966. "Thermal comfort conditions". *ASHAER standars*, 55-66. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, USA.
- CAPELLI de STEFFENS, A; PICCOLO, M. y A. CAMPO DE FERRERAS. 2005. *Clima urbano de Bahía Blanca*. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- CORREA. E. N.; RUÍZ, M. A. y M. A. CANTÓN. 2010. "Morfología forestal y confort térmico en 'ciudades oasis' de zonas áridas". *Ambiente Construido*, 10(4): 119-137.
- GARCÍA, M. C. 2009. *El clima urbano costero de la zona Atlántica comprendida entre 37°40' y 38°50' S y 57° y 59° W*. Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. Tesis de Doctorado.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC). 2010. *Censo Nacional de 2010*. Buenos Aires, Argentina.
- KOSATSKY, T.; KING, N. y B. HENRY. 2005. "How Toronto and Montreal (Canadá) Respond to heat". In: KIRCH, W.; MENNE, B.; BERTOLLINI, R. (editors) *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. 167-171. Springer/Verlag; Berlin, Germany.
- LANDSBERG, H. E. 1981. *The urban climate*. Academic Press, INC. Nueva York, Estados Unidos.
- OLGYAY. 1988. *Arquitectura y clima. Manual del diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, España.
- PICONE, N. y A. M. CAMPO. 2012. Variación estacional de la isla térmica en la ciudad Tandil. *IX Jornadas Nacionales de Geografía Física*. (122-129). Bahía Blanca, Argentina. (18 21 de abril).
- PICONE, N. 2014. *Clima urbano de la ciudad de Tandil*. Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. Tesis de Doctorado.
- POLIMENI, C. M. 2000. *Condiciones climáticas y microclimáticas del Gran Mendoza. Identificación y génesis de la isla de calor urbana. Análisis termofisiológico*. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. Tesis de Doctorado.
- QUAYLE, R. y R. STEADMAN. 1999. The Steadman Wind Chill. An improvement over present scales. *11th Conference on Applied Climatology*. 187-190. Dallas, Texas. (10 15 de enero).
- SARRICOLEA ESPINOZA, P. y H. ROMERO ARAVENA. 2010. Isla de calor urbana y temperatura efectiva: hacia la comprensión de la justicia socio-ambiental de la ciudad de Valparaíso. *I Encuentro de geógrafos chilenos en Barcelona-Socializar Conocimiento*. 71-89. Barcelona, España.
- SEGAL, M. y R. A. IELKE. 1981. "Numerical model simulation of human biometeorological heat load conditions-Summer day case study of the Chesapeake bay area". *Journal of Applied Meteorology*, 20: 735-750.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 2011. *Estadísticas Climatológicas*. Serie 2001-2010.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 2013. *Datos horarios*. Serie 2011-2013.
- SIPLE, P. y C. PASSEL. 1945. "Measurements of dray atmospheric cooling in sub-freezing temperatures". *Proceeding of American Philosophical Society*, 89(11): 177-199.
- STATHOPOUOS, T.; WU, H. & J. ZACHARIAS. 2004. "Outdoor human comfort in an urban climate". *Building and Environment*, 39: 297-305
- STEADMAN, R. 1984. "A universal scale of apparent temperature". *Journal of Climate and applied Meteorology*, 23: 1.674-1.687.
- TORNERO, J.; PÉREZ CUEVA, A. J. y F. GÓMEZ LOPERA. 2006. "Ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportes recientes". *Cuadernos de Geografía*, 80: 147-182.
- VOOGT, J. A. 2002. "Urban Heat Island". En: DOUGLAS, I. (ed) *Causes and consequences of global environmental change*. 660-666. Encyclopedia of Global Environmental Change, Vol. 3. University of Manchester, UK.
- WEATHER SERVICES OF ENVIRONMENT CANADA. 2001. Disponible en: <http://www.msc.ec.gc.ca>.

Lugar y fecha de culminación:
Tandil, Argentina,
20 de marzo de 2015



NOTAS y DOCUMENTOS

*NOTES and
DOCUMENTS*

Notas sobre el lugar

desde el punto de vista
de la geograficidad

Notes about place from
a geographicity standpoint

Iván Fortunato

Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP),
Campus de Itapetininga. São Paulo (SP), Brasil.
ivanfrt@yahoo.com.br

Resumen

Este artículo es un ensayo sobre el concepto de lugar a través del lente de la geograficidad. Sobre la base de Dardel, Relph y Tuan, tenemos la intención de demostrar que los lugares de nuestra vida hacen mucho más que apoyar a nuestros comportamientos, deseos, sentimientos y expectativas, ya que, al igual que nuestros amigos, compañeros, colegas y familiares, un lugar puede nos puede cambiar y dar calidad de vida, conectándose con nuestra propia existencia. Dos lugares específicos de la propia experiencia del autor se presentan como ejemplos de cómo los lugares se mezclan con nuestras experiencias. Al final, este ensayo se ha escrito para apoyar la hipótesis de que todo el mundo puede encontrar sus lugares significativos.

Palabras clave: Lugar; Dardel; Geografía Humanística.

Abstract

This paper is an essay regarding the concept of place through the lens of geographicity. Based on Dardel, Relph and Tuan, we intend to demonstrate that the places of our lives do much more than just support our behaviors, desires, feelings and expectations because, just like our friends, companions, colleagues and family, a place involves personal change and it offers quality to life, connecting itself to the core of our own existence. Two specific places of the author's very own experience are presented as examples of how places do blend with our experiences. At the end, this paper was written to support the hypothesis that everyone can meet their meaningful places.

key words: place; Dardel; humanistic geography.

Notes about place from a geographicity standpoint¹

In the small world of each person places are more than simple entities that provide the physical environment where the drama of life happens. Some places are symbols for lived experiences, centers loaded with meanings. And as such, places are attached to the core of human existence² (Godkin, 1985: 242).

It is more than common to hear someone stating that when it comes to sharing an experience what really matter are the people that come along, regardless of where one is. The fact is that most individuals who claim this are planning ‘where’ to go during the Holydays or selecting the ‘location’ of his/her wedding or birthday party, the ‘whereabouts’ of the new apartment... We do agree: people with whom we share our journey on Earth do make our existence richer. Nevertheless, the *place* where we make it happen has an equal fundamental role when it comes to appraising our experience and how we feel. What we intend to demonstrate throughout this paper is that the places of our lives do much more than just support our behaviors, desires, feelings and expectations because, just like our friends, companions, colleagues and family, a place undergoes change and it gives quality to life, connecting itself, just like Godkin (1985: 242) stated above, “*to the core of human existence*”.

Thus, we infer that people relate to places in a way that is very similar to the relationship one have with others. Maybe it was Dardel³ (2011), in the early 1950s, the first to alert us about this complicity we have with places on Earth. From the perspective of *geographicity*, a field that studies the sense of the experiences with places and the human perception about the place one inhabits, this author sought to understand the disgust, aversion and/or fear we have for a whole city or for a simple street, but he also sought for the close ties that bind us to a neighborhood or a square, for instance.

Dardel (2011: 33) started off from the idea about the geographical reality, stating that this should not be considered as a simple object, wherein the “*geographical science assumes that the world is geographically known, that humans feel and know they are bond to the Earth and are being called to be held in their earthly condition*”. Geographicity refers, therefore, to this link with the planet and that it is understood as something concrete, while sharpened by a strong emotional feeling. This is why to think from

a geographicity viewpoint is to recognize that a place greatly matters in the quality of everyday experience, because a place is not only where we live, but it is part of our life; it is not just a geometric area with defined boundaries, but also unique in its own name and characteristics. This means that we can all name and fully describe at least one country or city or street, store, club, park, a room we are fond of... or a place we just as well dislike or even fear.

For me, geographicity was empirically revealing itself, as I could observe and understand the importance of places in the quality of my own earthly experience. Actually, I have started to better grasp this when I moved to the big city of Sao Paulo and I was welcomed into a very distinguished district named *Mooca*. It was like one could almost touch its warmth and that was a feeling that just had to be shared. Not far from *Mooca*, another emotional bond was established with São Paulo’s Historic Center. Its history and collective sense of homeness, work and daily life experienced in this place had to be jotted down so people could reflect upon this place and perhaps go beyond its obviousness: it is not just an old district full of homeless people and popular commerce. So I made sure to highlight the meanings of those experiences in which the sense of place became alive, recording them through papers published in Brazilian journals (Fortunato, 2012; 2014; 2015; Fortunato *et al.*, 2011).

As follows, these experiences show that a place is much more than a simple scenario of events. From the phenomenological perspective, Relph (1976a) confirmed this idea by refusing the Man-Earth duality, taking a place further than its spatial location, considering it as part of the experience and extension of the individual, becoming a source for safety and belonging. For this author, the recognition of a place is idiosyncratic and it is related to a particular and metaphorical reading of the environment where the meanings are assigned symbolically and emotionally, often without the need for any concrete ballast in the physical environment to justify the affection and assigned values. Ergo, a place is built by experience, establishing a sense of complicity and mutual responsibilities of care and protection. Place is involvement and acceptance, being recognized by the feeling of being at home ... As Relph (1976b: 141) have stated: “*Places are fusions of human and natural order and are the significant centres of our immediate experiences of the world. They are defined less by unique locations, landscape, and communities than by the focusing of experiences and intentions onto particular settings. Places are not abstractions or concepts, but are directly experienced phenomena of the lived-world and hence are full with meanings, with real objects, and with ongoing activities. They are important sources of individual and communal identity, and are often profound*

centres of human existence to which people have deep emotional and psychological ties. Indeed our relationships with places are just as necessary, varied, and sometimes perhaps just as unpleasant, as our relationships with other people.”

It is important to clarify that the sense of place does not always equate to a nurturing or a romanticized description of the experience because, as cores of meanings, some places may trigger disaffection and disgust. We must also remember that one place may even awake in a single individual affection and repulsion; or it can be an extremely affective place that becomes aversive due to the quality of a few experiences lived there, and vice versa. This is why geographicity is founded on a phenomenological basis, on which every experience must be considered unique, including those developed in our favorite places where we feel quite safe.

In addition to remembering that interactions with the places are not always pleasant, Relph (1976b: 82) expressed concern about the increase in non-authentic attitudes toward places, wherein *“an inauthentic attitude to place is essentially no sense of place, for it involves no awareness of the deep and symbolic significances of places and no appreciation of their identities”*. In the author’s view, such attitudes, developed without the perception of symbols and meanings of place, imply a kind of generalized alienation of the very meaning of life, because it obscures the sense of place. From this finding emerged, then, the concept of ‘placelessness’, in reference to meaningless places, bonding or authenticity. This concept is not about fear or hatred of a place, but the indifference that can be understood as something like ‘I know nothing about the place where I am and, frankly, I do not care’.

Thus, when considering the human need for places and our connections with their symbols, meanings and values, the idea of placelessness becomes a blunt warning, after all, without places, regrets Relph, the capacity and the variety of human experiences are left limited to mere repetition, or even only to survival and a tedious and insipid life. Hence Relph’s (1976b: 146) aphorism: *“whether the world we live in has a placeless geography or a geography of significant places, the responsibility for it is ours alone”*. From my standpoint, this responsibility had to be both accepted and taken. In this matter, the safety felt at Mooca, my neighborhood in São Paulo, had to be shared for I was actually witnessing its entire warm embrace being taken away for its landscape was turning into just another indistinct district with very tall buildings: many of its old factory edifices are being demolished, making room for modern home and office complexes. This progress is not only destroying the environment, but just as well it is ‘devouring’ the collective memory of its inhabitants (Fortunato, 2012).

Another way of taking responsibility for a place is devoting time to really understanding it, which means going back its history, getting acquainted with its most respectful happenings and people, and describing it in all of its excellence and even its flaws... I did that with a very special place, the cornerstone of Sao Paulo, located in its very Historic Center: a place named ‘Pateo do Collegio’, which was fully scanned and also ‘wooded’ in my doctoral dissertation (Fortunato, 2014).

From a theoretical perspective that is especially similar to Dardel’s geographicity, Tuan (1983) outlines a place as a center of meaning and a specific location, which is valued individually and/or collectively. These values, he clarifies, are built on experience, which comes to attitudes, cognitive components such as memory and perception, and affective elements, like emotion. According to the author: *“Human places vary greatly in size. An armchair by the fireside is a place, but so is the nation-state. Small places can be known through direct experience, including the intimate senses of smell and touch. A large region such as the nation-state is beyond most people’s direct experience, but it can be transformed into place - a focus of passionate loyalty -through symbolic means of art, education, and politics How a mere space becomes an intensely human place is a task for the humanistic geographer; it appeals to such distinctively humanist interest as the nature of experience, the quality of the emotional bond to physical objects, and the role of concepts and symbols in the creation of place identity.”* (Tuan, 1976: 269).

This extensive quote carries key concepts and the fundamental basis of a geographical thought that helps us understand what we do on Earth, and the reasons that lead us to our personal behavior, which are only the visible part of a long submerged process involving cognition, memory, emotions and feelings. The above quotation also helps to clarify this internal process, demonstrating, from the examples given, that place is very personal (even when shared), much more emotional than concrete, more felt and experienced than observed and rationalized. So, a place may be the favorite chair resting the body, as well as it can be a vast territory, which is not known in whole, but that it is loved and protected, such as the nation-state. Nonetheless, a place can also be the childhood home, a square, a room ..., and the sense of place can be aroused by everyday experience and/or by memory, be it individual and/or collective.

In this manner, Tuan (1976) wanted to demonstrate that the symbolic contents are as strong as the experience in creating the sense of place ... Just as there are times when the experience can be indirectly lived by the memory that recovers the places, as are the example of notorious historical monuments, or natural emotional moments to visit the old house whe-

re was born and raised, for example, one's paternal grandfather, allowing the individual to better understand his or her own history and therefore their very own self. Hence the author's claim about the task of a humanistic geographer being the research on emotion, symbols, and experience in the sense of place. How do people experience delight of body and spirit within places? How do those feelings deeply connect us with a given place?

These were questions that prompted the development of what Tuan (1976: 272) named as "distinctive humanistic approach", which is precisely "to describe the quality of the emotion experienced in specific cases" or, better, in specific places. This author deals with the interpretation of complex human experiences in their contradictions, ambiguities and inconsistencies. Experiences that lie, mainly, on what is symbolic about the places of human life. The task of the humanist geographer, explains Tuan (1976: 273), is to show "how the place is a concept and a shared feeling", and its contribution is to "suggest ways in which a sense of place can be emphasized".

From this point of view we can therefore strengthen the idea that the relationship with places is very similar to the relationship with another person, because knowing a place suggests knowing its history and its specific features which give its identity. This becomes evident when Tuan (1975: 152) states that "to know a place fully means both to understand it in an abstract way and to know it as one person knows another", ratifying the idea that places are as important as people in the sense of our own existence.

Place ... meaning center... basis of the experience ... The sense of place is built on the direct and/or symbolic experience, involving feelings of well-being, joy, fear, disgust... meaning that it lies also on the updating of the past by memory, whether individual or collective. Small places and reserved, as the bedroom... huge places and unknown to the fullest, as the country in which we live ... ephemeral and transient places ... Places ... Place ... "core of human existence."

This is certainly inconclusive but, at our very best, we can properly state that a place is not just there for it can be found there... And just like I have claimed 'Mooca' and 'Pateo do Collegio' as my places, I am quite certain that everyone can meet their very own meaningful places.

Notes

1. I acknowledge Guilherme Fortunato for reviewing and offering quality comments on the draft paper.
2. The original text is in Spanish: *En el pequeño mundo de cada persona los lugares son algo más que unas simples entidades que proporcionan el escenario físico donde se desarrolla el drama de la vida. Algunos son símbolos de experiencias, centros cargados de una gran significación. Como tales, están unidos al núcleo de la existencia humana.*
3. Dardel wrote in French. His book was translated into Portuguese in 2011 by Professor Werther Holzer from the Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brazil. For this paper, all passages that were quote were taken from the Portuguese version and converted to English.
- * O autor é doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro/SP. Líder do Núcleo de Estudos Transdisciplinares em Ensino, Ciência, Cultura e Ambiente (NuTECCA). Editor da revista Hipótese e coeditor da Revista Brasileira de Iniciação Científica.

References cited

- DARDEL, E. 2011. *L'homme et la terre: nature de la réalité géographique*. Brazilian version by Werther Holzer. Perspectiva, São Paulo, Brasil.
- FORTUNATO, I. 2012. "Mooca, ou como a verticalização devora a paisagem e a memória de um bairro". *Arquitextos*, 12(140.05).
- _____. 2014. *Pateo do Collegio: um lugar na cidade de São Paulo*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro (SP), São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- _____. 2015. *Passeio como ação política de proteção ao lugar: as caminhadas noturnas no centro histórico de São Paulo*. (Paper submitted).
- FORTUNATO, I.; BASTIDAS, J.; BARBOSA, J. E. C. e S. T. LIMA-GUIMARÃES. 2011. "Multifuncionalidade e consumismo na paisagem do Centro de São Paulo". *Caderno de Geografia*, (21): 31-55.
- GODKIN, M. A. 1985. "Identidad y lugar". En: RAMÓN, M. D. G. *Teoría y método en la geografía humana anglosajona*. 242-253. Editorial Ariel. Barcelona, España.
- RELPH, E. 1976a. *The phenomenological foundations of Geography*. Discussion Paper no 21. Department of Geography, University of Toronto.
- RELPH, E. 1976b. *Place and Placelessness*. Pion Limited. London, UK.
- TUAN, Y. 1983. *Space and place: the perspective of experience*. Brazilian version by Livia de Oliveira. Difusão Européia do Livro. São Paulo, Brasil.
- _____. 1975. "Place: an experimental perspective". *The geographical review*, LXV(2): 151-165.
- _____. 1976. "Humanistic Geography". *Annals of the Association of American Geographers*, 66(2): 266–276.

Semblanza del profesor

Rigoberto Andressen

Biographical notes of profesor
Rigoberto Andressen

Carlos Urbina

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias,
Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE).
Mérida, Venezuela.

Anairamiz Aranguren B.

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias,
Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE).
Mérida, Venezuela.
anairami@ula.ve

El profesor Rigoberto Andressen Lozada fue un respetable geógrafo venezolano, nacido en San Cristóbal, estado Táchira (18/6/1939-18/6/2015), quien en vida tuvo una destaca participación como docente e investigador en geografía, climatología, meteorología, ecología, química atmosférica, etc., con numerosas publicaciones que constituyen un legado muy apreciado para las generaciones futuras y el país.

El profesor Andressen formó parte de la segunda generación de geógrafos venezolanos graduados en el país, en la Universidad Central de Venezuela (1956-1961). Al mismo tiempo, cursó tres (3) años de ingeniería, carrera que aunque no pudo culminar, le dio una muy buena formación matemática. Entre sus compañeros de estudio se encuentra el destacado científico venezolano Miguel Acosta Saignes (†), reconocido investigador de la antropología en el país, quien realizó una fructífera labor en beneficio de los grupos indígenas venezolanos. Otro de sus contemporáneos digno de recordar es el eminente geógrafo Luis Fernando Chaves (†), quien dejó un importante legado en la ciencia geográfica del país. De esta manera, el profesor Andressen perteneció a una generación valiosa y ejemplar digna de reconocer.

Completó su formación académica con dos (2) post-gradados, el primero en 'Geografía' (1966-1968), cursado en la Universidad de Wisconsin, Madison, Estados Unidos y, el segundo en 'Meteorología Aplicada' (1974-1977) en la Universidad de Birmingham, Inglaterra. También realizó numerosos cursos tales como: 'Estudios Multidisciplinarios con Fines de Desarrollo' (Instituto Internacional de Levantamiento Aéreo y Ciencias de la Tierra); International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) en Enschede, Holanda en 1977 (abril-junio) y el curso de 'Modelos Agrofísicos' impartido en Bet-Dagan, Israel en 1989 (agosto-septiembre). También hizo más de 10 cursos cortos de mejoramiento en estadística, computación e idiomas.

Labor Profesional

Comenzó impartiendo clases de geografía en secundaria —como tantos otros geógrafos de la época—, en el liceo Rafael M Baralt, de la ciudad de Maracaibo (1961). Luego pasó a laborar en el Ministerio de Agricultura y Cría, en la Dirección de Recursos Naturales Renovables (1962-1966) en el área de climatología. A partir de 1968 ingresa a la Universidad los Andes-Mérida, donde trabajó el resto de su vida. Comenzó en la Escuela de Geografía, donde estuvo por 16 años (1968-1984), como profesor de las cátedras de Meteorología y Climatología. Además, fue el fundador de la asignatura Teoría y Metodología Geográfica, en lo que influyó su formación en matemáticas, estadísticas y computación.

Por otra parte, ejerció actividades administrativas como Director del Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales Renovables (1981-1984); también fue Jefe del Departamento de Geografía Física y Jefe de la Biblioteca. Desde 1984 pasó al Centro de Investigaciones Ecológicas (CIELAT) de la Facultad de Ciencias, donde ejerció distintas actividades como profesor en el Postgrado de Ecología Tropical y, como Coordinador del Módulo de Dinámica Ambiental, y del Grupo de Ecología Vegetal. El CIELAT, posteriormente, se transformó en el Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE).

A partir de 1992 ejerció la Coordinación de la Unidad de Estudios del Clima Tropical (UNECT), adscrito al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT).

Ámbito Internacional

Fue coordinador de varios eventos tales como:

- Conferencia Internacional sobre Cambios Climáticos en las Américas Intertropicales realizado en 1988.
- Primer Taller Internacional sobre “Variabilidad y Cambios Climáticos en Venezuela y el Caribe” (1990), (proyecto PAN EARTH CIDIAT/ ULA/ MARNR/CONICIT).
- Coordinador y Organizador del curso “Métodos Avanzados de Análisis de Datos Climáticos” impartido en la Universidad de Colorado, USA. 1991 como profesor invitado.
- Autor principal en la sección de *Mountain Regions* (1993-1994) perteneciente al Grupo de Trabajo II, Subgrupo C del Panel Intergubernamental de Cambios Climáticos (IPCC). Miembro de este Panel a partir de 1994, aportando valiosos conocimientos para estudiar el cambio climático a nivel internacional, en especial contribuyó a la evaluación de los impactos sobre actividades agrícolas, humanas, bosques, ecosistemas, recursos hídricos.

Por su activa y consecuente participación fue merecedor del Premio Nobel de la Paz 2007, junto a destacados científicos mundiales que integran este Panel. Ese año, la Organización Mundial de Meteorología (OMM) recibió de la Academia de Noruega este importante galardón, pero la OMM consideró justo otorgarle este premio a los expertos que se habían abocado a este problema ambiental de manera que, la OMM escogió por Venezuela al eminente profesor Andressen, entre 400 expertos internacionales, para recibir este reconocimiento.

En la última década se interesó en la contaminación química, impartiendo el curso “Aplicaciones de la Meteorología en el Análisis de la Contaminación Atmosférica”, dictado regularmente en el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT).

Además participó en calidad de ponente y asistente en numerosos congresos, foros, talleres, seminarios nacionales e internacionales.

Publicaciones

Otra fructífera labor fueron las innumerables investigaciones y estudios en los que participó, en varios campos de su especialidad recogidos en artículos de revistas y libros, de los cuales se pueden resaltar:

- Andressen, R., Porras, O.A. y L. E. Pérez R. 1966. *Estudio Climatológico de las Islas de Margarita, Coche y Cubagua*. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cría.
- Andressen, R. 1968. “Spatial Rainfall Variability in the State of Iowa. 1930-1961”. *The Iowan Geographer*.
- Andressen, R. 1969. Interrelationships between Vegetation Types and Climatic Parameters in the Islands of Margarita, Coche and Cubagua. Nueva Esparta, Venezuela. Madison: University of Wisconsin, Geography Department. Seminar Paper.
- Andressen, R. 1970. “Densidad de Población en las Áreas Marginales de Caracas y su Relación con la Topografía y la Distancia al Centro”. *Revista Geográfica*, XI(24-25): 5-24.
- Andressen, R. 1970. “Algunos Conceptos sobre la Geomorfología Teórica de Scheidegger”. *Revista Geográfica*, XI(24-25): 113-115.
- Andressen, R. y R. Ponte. 1973. *Estudio Climatológico e Hidrológico de las Cuencas de los Ríos Chama y Capazón, Estado Mérida*. Mérida: Universidad de Los Andes, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes.
- Andressen, R. 1974. *Índice Bibliográfico sobre Climatología de Venezuela*. Mérida: Universidad de Los Andes, Escuela de Geografía.

- Andressen, R. 1978. *Crecimiento de la gota de agua y contenido de agua líquida en nubes*. Mérida, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Geografía.
- Robock, A.; Andressen, R.; Acevedo, M. and Jaimez, R. 1994. "General Circulation Model-Based Scenarios of Future Climate for Venezuela". Enviado a *Climatic Change*.
- Andressen, R. 2007. "Circulación atmosférica y tipos de climas en Venezuela". En: *Geo Venezuela*, 238-325. Fundación Empresa Polar. Caracas, Venezuela.
- Maytin, C.; Acevedo, M.; Jaimez, R.; Andressen, R.; Robock, A. y A. Azócar. 1993. "Effects of Climatic Change on the Phenology and Yield of Maize in Venezuela". *Climate Change*, 23: 293-335.
- Andressen, R. y A. Díaz. 2000. "Influencia de la altitud y la distancia al Lago de Maracaibo en la caracterización pluviométrica del estado Trujillo, Venezuela". *Rev. Fac. Agron.*, 26: 107-124.
- Aranguren, A.; Andressen, R y A. Henao. 2012. "El clima estacional del cinturón montano en el estado Mérida, Venezuela". *Revista Geográfica Venezolana*, 53(2): 187-212.
- Andressen, R.; López Márquez, J. L y A. Lugo. 2010. "Patrones de vientos troposféricos en la cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela". *Revista Terra*, 26(39): 13-30.
- Andressen, R.; López Márquez, J. L. y M. Denet. 2010. "Intercepción de radiación solar por el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) en condiciones tropicales semiáridas". *Revista Unelles de Ciencia y Tecnología*, 28: 43-46.
- Andressen, R. y J. L. López 2015. "Clima de los Llanos Venezolanos". En: *Tierras Llaneras de Venezuela "tierras de buena esperanza"*. 40-62. R. López Falcón, J. M. Hétiér. D. López Hernández, R. Schargel, A. Zinck (ed.). Consejo de Publicaciones Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Andressen, R.; López Márquez, J. L y D. Nieves. 2015. "Estimación de emisión de metano por la ganadería bovina en Venezuela, período 1997-2007". *Revista Agrollania*, vol. 12. En prensa.

Otras actividades

Después de su jubilación de la Universidad de Los Andes, continuó dictando charlas y conferencias en numerosos lugares donde era requerida su presencia; siempre estuvo muy dispuesto a colaborar transmitiendo sus conocimientos, no solamente con el tema del cambio climático, sino también en otras áreas como ecología de humedales, hidrología, contaminación de las aguas y la atmosfera. También siguió contribuyendo con la universidad en la revisión de tesis de grado, trabajos de ascenso e investigaciones.

Fue un incansable amante de las actividades de campo, sobre todo de las prácticas de campo con estudiantes de pregrado y postgrado; así como también visitas a cada uno de los proyectos de investigación en donde participó. Observaba detenidamente la naturaleza, media caudal de los ríos y le encantaban las estaciones meteorológicas, no importaba que tan lejos quedarán y el esfuerzo que se necesitase para obtener la información.

El profesor Rigoberto Andressen fallece en la tarde del jueves 18 de junio del 2015, producto de complicaciones de salud. Deja no solamente un legado científico y numerosos profesionales por él preparados, sino también una sólida familia, constituida con su esposa Xiomara Zambrano, que siempre fue su admiradora y por sus hijas, Diana, médico graduada en la ULA y haciendo en la actualidad un post-grado en Berlín, Alemania y, Ana, quien cursa estudios de ingeniería geológica, también en la ULA. Pero esta familia es mucho más extensa, pues está formada por 10 hermanos Andressen Lozada y numerosos sobrinos. Es importante recordar las contribuciones que hacia el profesor a sus hermanos desde que era estudiante de la Universidad Central de Venezuela, para ayudarles a superarse que ahora ellos gratamente reconocen. El geógrafo Carlos Urbina recuerda "cuando éramos estudiantes (1977-1982), el profesor tenía un carácter afable, que a pesar de su alto nivel académico, era de trato cordial y compartía con nosotros una interesante conversación; además tenía la amabilidad de llevarnos en su carro hasta el centro de Mérida y, en algunas oportunidades nos atendió en su propia casa". Por otra parte, le estamos muy agradecidos por ser colaborador y jurado de nuestras respectivas tesis de grado y, sus elogios a nuestra investigación, al recomendarla como digna de publicación, aparte de las múltiples ayudas posteriores en mi área de trabajo, tal como la reciente revisión del Estudio *Climas secos de Venezuela*, a ser publicado por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (MPPpEA).

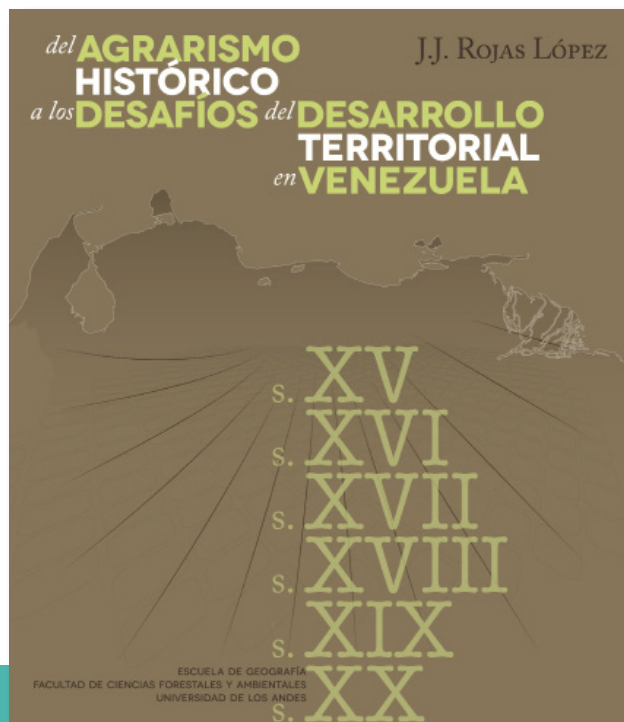
Queremos concluir señalando que el profesor Rigoberto Andressen Lozada lo hizo todo en la vida, logrando prosperar con éxito tanto en lo profesional como en lo personal. Es un excelente ejemplo a seguir; personas como él existen pocas en estos tiempos tan necesitados de valores humanos.

Enviada:
23 de octubre de 2015,
Mérida, Venezuela



BIBLIOGRAFÍA CRÍTICA

*BOOKS
REVIEW*



José Jesús Rojas López

DEL AGRARISMO HISTÓRICO A LOS DESAFÍOS DEL DESARROLLO TERRITORIAL EN VENEZUELA

*From the historic agrarianism to the challenges
of territorial development in Venezuela*

Universidad de Los Andes,
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,
Escuela de Geografía,
Mérida, Venezuela, 175 p. 2016

Delfina Trinca Figuera

Instituto de Geografía y Conservación de Recursos
Naturales, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

Entre las múltiples actividades que ha desarrollado el ser humano a través de los tiempos, la agricultura ha sido y es una de las más trascendentes, pues su acción se sustenta en el reino de la necesidad, pero también en el de la libertad. Es a través del paisaje y sus sucesivas transformaciones, visibles al observador o no, que se aprecia, en particular para el caso de la actividad agrícola, cómo se resuelve esa contradicción entre la necesidad y la libertad. Este proceso histórico tiene en la diferenciación geográfica, bien sea buscando regularidades, bien determinando las formas de combinación y modificación que alcanzan esas regularidades su pivote.

José Jesús Rojas López, geógrafo e investigador incansable del mundo primigenio de la necesidad, pero también de la libertad, se ha dedicado con absoluto esmero, seriedad y pasión a estudiar el ámbito del quehacer humano en esa tenaz búsqueda por sustentar su permanencia en tanto que ser vivo sobre la faz de la tierra y, por tanto, transformador y creador permanente de nuevas realidades. Allí se encuentra la esencia del colega y amigo Rojas López en su afán por ir más allá de la mera descripción de la construcción de la realidad de lo rural en Venezuela.

De larga y dilatada trayectoria en este campo particular de investigación de la geografía, Rojas López logra hilvanar la historia de la Venezuela profunda, ese mundo de relaciones entre el constructor de su historia y el territorio, partiendo de una base conceptual sólida en la que destaca la noción de heterogeneidad, pues cuando afirma que todo *espacio geográfico es siempre un mosaico de temporalidades desiguales*, tiene en el movimiento histórico un elemento fundamental de explicación; de allí que, para comprender y explicar la realidad rural de la Venezuela contemporánea, considere imprescindible otear el pasado.

Este ir y venir entre pasado y presente, le permite al autor ‘observar’ lo rural y sus necesarias articulaciones con el ‘resto’ del territorio venezolano, pero también vislumbrar lo que vendrá.

En *Del agrarismo histórico a los desafíos del desarrollo territorial en Venezuela*, José Jesús Rojas López despliega todo su amplio conocimiento del mundo de lo rural. Es meridiana la manera como trabaja la relación entre la construcción del territorio de la Venezuela rural y la geografía y sus aportes conceptuales para interpretar esa relación.

Desde esta perspectiva, le da al lector la base conceptual que le facilita el abordaje teórico y metodológico de su ensayo sobre el mundo de lo rural en Venezuela. Así, se pasea por conceptos tales como territorio, espacio geográfico, sistemas agrarios, nuevas ruralidades que, en sus palabras, le “ayudan a comprender los cambios geográficos desde el agrarismo a lo rural-territorial como procesos discontinuos y substantivos de la historia nacional”. Por ello se entiende que desarrolle temas como heterogeneidad del territorio, sistemas agrarios históricos, nuevas ruralidades, modelos endógenos.

Es importante destacar la forma como trata el tema, dentro de la perspectiva teórica asumida, de lo que denomina los ‘primeros agricultores de Venezuela’. En este punto destaca de manera explícita que “los europeos no arribaron a un espacio silvestre, sino valorado material y simbólicamente: un dilatado pasado, muy anterior a 1498”. Esta manera de mirar nuestro pasado prehispánico es absolutamente novedosa, pues rompe con una vieja idea de que los pocos habitantes que poblaban a la Venezuela de ese tiempo, se reducían a grupos trashumantes, a excepción de aquellos que hacían vida en la cordillera de Los Andes. Logra demostrar que, aun cuando los grupos nómadas practicaban la caza, pesca y recolección, la agricultura fue la que “posibilitó formas más acabadas de organización social, económica y territorial, en particular en los ambientes serranos y piedemontinos de occidente.”

Más adelante nos seduce su descripción de cómo con el arribo de los europeos a fines del siglo XV, se habla de “un nuevo mundo” para los que llegan, “pero muy antiguo para los visitados”. Allí se detiene para discutir cómo se da el proceso de desterritorialización de los sistemas ancestrales. Destaca varios momentos: concentración socioproductiva; encomiendas y misiones; la interpretación humboldiana, a fines del siglo XVIII, de las variaciones de intensidad de uso de la tierra por densidad de trabajo y producción.

Cuando aborda la diversidad de los sistemas agrarios coloniales, destaca, de manera especial, la diferenciación geográfica regional. Se pasea por haciendas y plantaciones, hatos, labranzas, núcleos y complejos agro-

artesanales, para finalmente, mostrarnos la importancia, poco resaltada, de la labor de las misiones en el desarrollo de la actividad agrícola como base de la colonización al sur del Orinoco. Con esta descripción destaca como la diversidad agraria fue mucho más amplia e interconectada que lo dicho muchas veces de que el territorio venezolano de la época era seccionado en pedazos en los que predominaban haciendas centrales, hatos llaneros y conucos amazónicos.

Luego, ya en el siglo XIX, se centra en detallar lo que significó el proceso independentista al frenar la expansión que vivía la agricultura de la Venezuela del siglo XVIII. Superado el conflicto con España y luego de varias décadas de luchas intestinas, que sumieron en un profundo estancamiento al territorio de la Venezuela profunda, resalta la influencia del denominado período guzmancista (fines del siglo XIX), en el que el proyecto de modernidad fue el que facilitó el reimpulso de la economía agro-exportadora, destacando “...la desigual dinámica de la trama productiva, demográfica y comercial, desde la importante concentración del centro norte costero, hasta la involución territorial de los llanos altos occidentales”.

La llegada del petróleo a la vida social de Venezuela marca un nuevo rumbo en el desarrollo territorial de Venezuela. En este proceso, cambia profundamente el paisaje hasta ahora dominado por el mundo de la ruralidad y se comienzan a perfilar nuevos objetos que dicen con relación al nuevo rumbo que toma el país: transformarse en petrolero y urbano, pero manteniéndose también rural. La trama que desarrolla el autor es extraordinaria, pues logra mostrar en detalle el solapamiento de dos temporalidades y su correlato territorial, pero que de manera progresiva marchan a un solo compás: la construcción de un país moderno, petrolero y fundamentalmente urbano. La diversidad del paisaje, antes dominada por lo rural, ahora se le suman múltiples objetos que tienen mucho más que ver con este nuevo momento histórico marcado por la modernidad, y porque no decirlo, también por la postmodernidad.

Rojas López alcanza con este trabajo una madurez intelectual que le permite hilvanar de una manera limpia y sin contradicciones en la narrativa, la historia de la formación del territorio nacional, visto desde la Venezuela profunda, lo que facilita una comprensión del cómo y por qué somos quienes somos hoy en día. La lectura de este ensayo nos faculta a afirmar que es una referencia obligada para quienes el mundo de lo rural forma parte de su quehacer cotidiano.

Nota: lo esencial de esta reseña bibliográfica se extrajo de la presentación hecha por quien la suscribe del libro del profesor Rojas López, titulada: **De un libro rico en historia, pero pleno de geografía.**