REVISTA Geográfica

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

NÚMERO 154
JULIO-DICIEMBRE 2013

AUTORIDADES DEL
INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA
2013-2017

PRESIDENTE	Ing. Rigoberto Magaña Chavarría	El Salvador
VICEPRESIDENTE	Dr. Roberto Aguiar Falconi	Ecuador

SECRETARIO GENERAL
Dr. Rodrigo Barriga-Vargas
Chile

COMISIÓN DE CARTOGRAFÍA
(Uruguay)
Presidente:
Dr. Carlos López Vázquez

Vicepresidente:
Mg. Yuri Sebastián Resnichenko Nocetti

COMISIÓN DE GEOGRAFÍA
(Estados Unidos de América)
Presidente:
Geóg. Jean W. Parcher

Vicepresidente:
Dra. Patricia Solís

COMISIÓN DE HISTORIA
(México)
Presidente:
Dra. Patricia Galeana Herrera

Vicepresidente:
Dr. Adalberto Santana Hernández

COMISIÓN DE GEOFÍSICA
(Costa Rica)
Presidente:
Dr. Walter Fernández Rojas

Vicepresidente:
M. Sc. Walter Montero Pohly

MIEMBROS NACIONALES DE LA COMISIÓN DE GEOGRAFÍA

Argentina	Prof. Antonio Cornejo
Belice	
Bolivia	
Brasil	Dra. Vera Maria d'Ávila Cavalcanti
Chile	Dr. José Ignacio González Leiva
Colombia	Ana Victoria Rincón
Costa Rica	Dra. Marilyn Romero Vargas
Ecuador	Ing. Álvaro Dávila
El Salvador	Arq. Gisela Quan de Turcios
Estados Unidos	Dr. Dvid Salisbury
Guatemala	Ing. Milton Nuñez Álvarez
Haití	Dr. Jean Marie Theodat
Honduras	Sr. Alex Martínez
México	Geóg. Carlos Guerrero Elemen
Nicaragua	Lic. Luis Zuñiga Mendieta
Panamá	Dr. Mario J. de León
Paraguay	Ing. Néstor Cabral Antúnez
Perú	Dra. Berta Olga Balbín Ordaya
Rep. Dominicana	Lic. Jorge Quezada Valdez
Uruguay	Dr. Juan Hernández
Venezuela	Lic. Elizabeth Zarzalejo de Ricci

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

REVISTA Geográfica

NÚMERO 154 JULIO-DICIEMBRE 2013

REVISTA **Geográfica**

Publicación semestral fundada en 1941
Indizada en PERIÓDICA

La preparación de la REVISTA GEOGRÁFICA
está a cargo de la editora: Dra. Nicole Bernex
Centro de Investigación en Geografía Aplicada
Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, Perú
Correo electrónico: nbernex@pucp.edu.pe

Comité editorial
Dr. Hildegardo Córdova (Biogeografía y desarrollo rural, geografía económica y urbana), Centro de Investigación en Geografía Aplicada, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú
Dr. Jean Pierre Bergoeing (GIS y cartografía, geografía física, geomorfología, riesgos naturales), Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
Dra. Griselda María García (Metodología, enseñanza de la geografía, paisajes y medio ambiente), Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina
Dra. Luz Fernanda Azuela (Historia del pensamiento geográfico, ciencias geográficas), Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Para canje, venta y distribución de publicaciones escribir a:
Instituto Panamericano de Geografía e Historia
Secretaría General
Apartado Postal 18879
11870 México, D.F.
Teléfonos: (5255) 5277-58-88, 5277-57-91 y 5515-19-10
Fax: (5255) 5271-61-72
Correos electrónicos: info@ipgh.org y/o publicaciones@ipgh.org
Web: http://www.ipgh.org

Las opiniones expresadas en notas, informaciones, reseñas y trabajos publicados en la *Revista Geográfica*, son de la exclusiva responsabilidad de sus respectivos autores. Los originales que aparecen sin firma ni indicación de procedencia, son de la Dirección de la Revista.

En cumplimiento con la Resolución IX de la XIV Reunión del Consejo Directivo del IPGH, celebrada en julio de 1972, en Buenos Aires, se advierte que: "Los límites que aparecen en los mapas de esta publicación no están, en algunos casos, finalmente determinados y su reproducción no significa aprobación oficial o aceptación por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)".

In accordance with Resolution IX of the XIV Meeting of the PAIGH Directing Council in Buenos Aires, Argentina, in July, 1972. "The boundaries which appear on the present maps are not in some cases, finally determined and their reproduction does not indicate official approval or acceptance by the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH)".

© 2015 Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

REVISTA
Geográfica

NÚMERO 154 **JULIO-DICIEMBRE 2013**

Contenido

Editorial 5

Delimitación, clasificación y cartografía de los paisajes de la cuenca Ariguanabo, Cuba, mediante el uso de los SIG
Eduardo Salinas Chávez
Alberto E. García
Bárbara L. Miravet Sánchez
Ricardo Remond Noa
Elizabeth Cruañas López 9

Gestión del agua y minería en el Perú: manejo del agua en operaciones mineras e intervenciones en la cuenca
Ángel Espinar Álvarez 31

Espacios de uso y acceso a la diversidad biológica del pueblo Machiguenga del bajo Urubamba, Cusco, Perú
Martha Rodríguez Achung 47

Espacio público, resignificación y neoliberalización en Cali
Hernando Uribe Castro
Leonardo Franco 65

Variabilidad del clima asociado con la precipitación y caudales de ríos en los Andes Centrales, Sudamérica
Arnobio Germán Poblete
Juan L. Minetti
Daniela Adelina Iranzo 91

El terremoto de Lorca-Murcia, España (2011): interpretación morfotectónica
Mario Octavio Cotilla Rodríguez
Diego Córdoba Barba 115

Geomorfología del área Palmares, San Ramón, Cerro Espíritu Santo, Costa Rica
Jean Pierre Bergoeing
Ramón Masís Campos 133

El río Tárcoles, desaguadero del Valle Central Occidental, Costa Rica
Jean Pierre Bergoeing
Luis Guillermo Brenes Q. 143

Estabilidad de la línea de costa frente al calentamiento global: análisis de sectores costeros en Tacna y Piura, Perú
Carlos Tavares Corrêa
Gustavo Rondón 157

Instructivo para autores 179

Editorial

A partir de la realización de un balance del pensamiento geográfico en América Latina, entre los años 1987 y 2001, Fernando Carreto Bernal[1] señalaba algunas tendencias temáticas claras; así la predominancia de temas de geografía socioeconómica (58%) seguido por temas ambientales (22%), educación (7%), teoría y método (9%), cartografía, SIG y teledetección (4%). Constituye este estudio un interesante referente para la *Revista Geográfica* del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, cuyas tendencias reflejan un gran equilibrio entre geografía biofísica y geografía socioeconómica, y a la vez indican un enfoque integrador entre ambas.

Se observa en el último periodo trienal que algunos temas relevantes en la agenda mundial no dan lugar todavía a muchas contribuciones (cambio climático, medio ambiente, glaciología, turismo, geografía de la salud, geografía del desarrollo), mientras que otros temas son emergentes como los recursos hídricos, el manejo de cuencas, la geografía del litoral y del mar, la biogeografía y la geografía cultural. Conceptos tales como geografía aplicada o geografía activa, pregonados por Michel Philipponneau, hace más de medio siglo, orientan numerosas investigaciones.

Indudablemente, estos resultados reflejan la realidad de los países de origen de los autores y de los eventos que han ocurrido en este periodo, tal como erupciones volcánicas y sismos o necesidades como la de gobernabilidad en la gestión de recursos hídricos en el caso peruano, o la de identificar especies vegetales que podrían dar lugar a cadenas productivas en el caso argentino. Cada *Revista Geográfica* cuenta con contribuciones provenientes en promedio de siete países (mínimo cuatro y máximo 12 en el último periodo 2011-2013).

Las contribuciones de las geógrafas representan solamente 32% del total mientras que las de los geógrafos ascienden a 68%, acentuándose la brecha en comparación con el periodo 2002-2010 (43% y 57% respectivamente).

[1] Carreto Bernal, Fernando, "Tendencias del pensamiento geográfico en América Latina. Una perspectiva desde los Encuentros de Geógrafos de América Latina 1987-2001", pp. 325-329, *Unidad y diversidad del pensamiento geográfico en el mundo. Retos y perspectivas*, 2003, 332 pp.

Tendencias temáticas expresadas en porcentajes, periodos 2002-2010 y 2011-2013

Temática	*Periodo 2002-2010*	*Periodo 2011-2013*
Geografía física, biogeografía, riesgos naturales, impactos ambientales	48	48
Geografía humana, social, económica, urbana, rural, regional y ordenamiento territorial	43	34
Pensamiento geográfico	1	2
Enseñanza de la geografía	3	11
Cartografía, SIG y teledetección	5	5

Relación de autores por país, periodos 2002-2010 y 2011-2013

País de origen	*Número de autores*	
	De 2002 a 2010	*De 2011 a 2013*
Alemania	1	0
Argentina	63	35
Brasil	17	2
Canadá	1	0
Caribe	3	0
Chile	11	2
Colombia	2	8
Costa Rica	14	21
Cuba	3	6
Ecuador	0	4
España	12	5
Estados Unidos	9	1
Francia	0	2
Honduras	0	1
México	24	10
Panamá	6	4
Perú	6	16
República Dominicana	0	1
Uruguay	6	1
Venezuela	0	2
Total	178	121

El número 154 de la *Revista Geográfica* del IPGH constituye un excelente espejo de lo afirmado. Presenta contribuciones provenientes de seis países (Argentina, Colombia, Costa Rica, Cuba, España y Perú). Solo una quinta parte de los autores son mujeres y con excepción de dos artículos, los siete restantes provienen de equipos de investigación. La mitad de los artículos parten de la geografía física; la otra mitad de la geografía socio-económica. No obstante todos revelan un enfoque sistémico e integrador.

Resultado de cuatro décadas de investigaciones, Eduardo Salinas Chávez, Alberto E. García, Bárbara L. Miravet Sánchez, Ricardo Remond Noa y Elizabeth Cruañas López presentan una "Delimitación, clasificación y cartografía de los paisajes de la cuenca Ariguanabo, Cuba, mediante el uso de los SIG", estudio clave para todo plan de ordenamiento territorial.

A su vez, Ángel Espinar Álvarez, analiza la "Gestión del agua y minería en el Perú: manejo del agua en operaciones mineras e intervenciones en la cuenca", y conjuga los temas de conservación y uso de agua en área de influencia minera y de manejo de aguas en actividades mineras con los de organizaciones de gestión del agua y de gobernabilidad.

En el artículo siguiente "Espacios de uso y acceso a la diversidad biológica del pueblo Machiguenga del bajo Urubamba, Cusco, Perú", Martha Rodríguez Achung, comparte los resultados de cuatro años de investigaciones en territorio machiguenga, en el área de influencia del megaproyecto gasífero de Camisea, y analiza la evolución del acceso a los recursos naturales y de sus interrelaciones con su entorno.

Hernando Uribe Castro y Leonardo Franco presentan el "Espacio público, resignificación y neoliberalización en Cali" a partir de la evolución del uso de los espacios públicos verdes, identificando los grandes periodos de crecimiento y transformaciones de la ciudad de Cali y el impacto de las normas locales, planes y políticas.

En un contexto caracterizado por la incertidumbre y la escasez de data, Arnobio Germán Poblete, Juan l. Minetti y Daniela Adelina Iranzo, presentan los resultados de su investigación sobre "Variabilidad del clima asociados con la precipitación y caudales de ríos en los Andes Centrales-Sudamérica"; analizan unos 15 índices atmosféricos, seis índices oceánicos y otro índice global como el índice de Flujo Solar, y demuestran la asociación específica existente entre la temperatura superficial del mar y los factores de circulación que originan la precipitación en la cuenca del río San Juan.

Mario Octavio Cotilla Rodríguez y Diego Córdoba Barba presentan un estudio muy interesante por haber sido realizado antes de "El terremoto de Lorca-Murcia, España (2011): interpretación morfotectónica", y sustentan una interpretación alternativa a la de otros autores.

Jean Pierre Bergoeing nos presenta los resultados de dos investigaciones. La primera realizada con Ramón Masís Campos, permite la elaboración de la "Geomorfología del área Palmares, San Ramón, Cerro Espíritu Santo, Costa Rica" mediante una cartografía a escala 1:10,000 que precisa los eventos volcánicos y lacustres, a través del Cuaternario hasta nuestros días. La segunda, con Luis Guillermo Brenes Q., estudia "El río Tárcoles, desaguadero del Valle Central Occidental, Costa Rica".

Finalmente, en el marco de un cierto desconocimiento acerca de la incidencia del cambio climático sobre la costa, la contribución de Carlos Tavares Corrêa y Gustavo Rondón "Estabilidad de la línea de costa frente al calentamiento global: análisis de sectores costeros en Tacna y Piura, Perú", nos propone una metodología rigurosa que nos permite acercarnos a este tema relevante y darnos cuenta de los comportamientos distintos de las dos regiones costeras estudiadas, del carácter local de las causas de la erosión de sus playas en el país y de la intervención de factores distintos como el fenómeno de El Niño en el norte y la actividad tectónica en el sur del país.

En un mundo caracterizado por territorios en crisis, una urbanización desenfrenada y desordenada, desigualdades crecientes así como por los impactos del cambio climático global y de la mundialización, entre los grandes desafíos de América Latina, están el ordenamiento urbano y rural, la gestión integrada de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, la gestión de riesgos de desastres, la salud y calidad de vida humana, la gestión de la biodiversidad; todos temas de estudio e investigación geográfica relevantes, cuyos resultados se vuelven imprescindibles para orientar los tomadores de decisión y asegurar calidad de vida y buen vivir a las sociedades.

Nicole Bernex
Editora

Delimitación, clasificación y cartografía de los paisajes de la cuenca Ariguanabo, Cuba, mediante el uso de los SIG

Eduardo Salinas Chávez[*]
Alberto E. García[*]
Bárbara L. Miravet Sánchez[**]
Ricardo Remond Noa[*]
Elizabeth Cruañas López[**]

Abstract

We intend to analyze the integrated landscape studies realized in Cuba for more than 40 years, showing in a particular study the elaboration of the Landscape Map' scale 1:25,000, using the Geographic Information System (GIS) tools and field expeditions supporting them. As result, a final landscape map of the Ariguanabo Basin was obtained, according to a diagnostic index. Four localities were differentiated, as well as 14 regions, some of which were subdivided later in 10 subregions according to karst presence and its grade of development.

Key words: *Landscape map, Geographical Information Systems, Ariguanabo Basin*.

Resumen

Nos proponemos analizar los estudios integrados del paisaje llevados a cabo en Cuba desde hace más de cuatro décadas, presentando en un caso particular la elabo-

* Facultad de Geografía, Universidad de la Habana, Edificio Mella # Calle L, entre 21 y 23, Vedado, Playa, La Habana, Cuba, correos eléctrónicos: esalinas@geo.uh.cu; albertogarcia@geo.uh.cu; remond@geo.uh.cu

** Empresa de Ingeniería y Proyectos de la Electricidad, Calle 23 entre O y P núm. 105, Vedado, Playa, La Habana, Cuba, correos electrónicos: liz@inel.une.cu; ely@inel.une.cu

ración del Mapa de paisajes a escala 1:25,000 con el uso de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica y el apoyo del trabajo de campo. Como resultado final se obtuvo un Mapa de paisajes de la cuenca Ariguanabo, donde de acuerdo a los índices diagnósticos utilizados se diferenciaron cuatro localidades, 14 comarcas, algunas de las cuales atendiendo a la presencia del carso y su grado de desarrollo fueron subdivididas en un total de 10 subcomarcas.

Palabras clave: *Mapa de paisajes, Sistema de Información Geográfica, cuenca Ariguanabo*.

Introducción

El paisaje geográfico o geosistema como categoría científica general de carácter transdisciplinario se concibe como "un sistema espacio-temporal, complejo y abierto, que se origina y evoluciona justamente en la interfase naturaleza-sociedad, en un constante estado de intercambio de energía, materia e información, donde su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución reflejan la interacción entre los componentes naturales (abióticos y bióticos), técnico-económicos y socioculturales" (Mateo, 2008; Salinas, 1991 y NC 93-06-101).

Por el término de paisaje muchos investigadores y público en general entienden: naturaleza, territorio, área geográfica, medio ambiente, hábitat, escenario, etc. Sin embargo siempre que se hace referencia a una manifestación externa, a indicadores o procesos que corresponden al ámbito natural o humano se considera este término.

Los paisajes como unidades de integración de carácter holístico y sistémico constituyen la base para la realización de diversas investigaciones de carácter ambiental, que van desde la realización de los diagnósticos ambientales hasta el ordenamiento ambiental y territorial, concebido esto a partir del estudio de las propiedades y características de las unidades de paisajes, lo que permite proponer las formas de utilización más adecuadas bajo un enfoque de uso racional y diversificado (Bastian y Steinhardt, 2002; Bertrand y Bertrand, 2006; Busquet y Cortina, 2009 y Salinas *et. al.*, 1993).

La Cartografía del paisaje puede y de hecho participa, en cada una de las fases de las investigaciones geoecológicas y ambientales, y en cada una de ellas se van a producir determinados tipos de mapas en función de la amplitud de los temas y del grado de generalización de sus contenidos.

El Mapa de paisaje está conceptuado como un mapa temático principal en el cual se representan las características fundamentales de los complejos territoriales naturales (Salitchev, 1979), siendo considerado el producto final de la etapa de caracterización, de este mapa principal se pueden derivar otros muy diversos que sirven de base o plataforma para cumplimentar el resto de las etapas del ordenamiento ambiental y territorial.

Hoy en día existen diversos procedimientos para la realización de los mapas de paisajes, entre los cuales están aquellos que a partir del uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten la obtención de una tipificación del territorio según la manifestación de las relaciones entre los componentes naturales y la intervención humana, generando mapas preliminares en el gabinete que posteriormente son comprobados en el campo y se convierten en herramienta para la gestión del territorio.

Los estudios de paisaje en Cuba

Los estudios de los paisajes en Cuba comenzaron realmente con los trabajos realizados en el siglo XIX por Alejandro de Humboldt sobre la base del análisis de las relaciones existentes entre los diferentes componentes de la naturaleza, ya que los estudios realizados por otros investigadores en los siglos XVII y XVIII se habían limitado principalmente a la ubicación y descripción de los accidentes geográficos más sobresalientes de nuestro archipiélago.

Es a partir de estos importantes aportes realizados por el sabio alemán, que en el siglo XX un grupo de prestigiosos especialistas cubanos encabezados por el doctor Salvador Massip, promueven el conocimiento integral de la naturaleza cubana y sientan las bases para el inventario y cartografía de los diferentes componentes físico-geográficos del paisaje (relieve, clima, agua, suelos, etc.), realizados a partir de la década de los sesenta, y que culminan con la publicación en 1970 del *Atlas Nacional de Cuba*, que da inicio a una nueva etapa en los estudios físico-geográficos donde se promueve el análisis integral de la naturaleza y la creación en la década de los ochenta del Grupo de Investigaciones en Geoecología y Paisajes en la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana (Centro de Desarrollo Teórico-metodológico de la Geografía Física Compleja o Geoecología en Cuba) lo que culmina en 1989 con la inclusión en el *Nuevo Atlas Nacional de Cuba* de la sección XII, dedicada a los paisajes (con 14 mapas a diversas escalas) y la realización en los años posteriores de más de 30 tesis de doctorado y maestría sobre la temática del paisaje como fundamento del ordenamiento de los territorios, así como numerosas investigaciones y publicaciones en Cuba y el extranjero, que han estado acompañadas de la impartición de numerosos cursos de posgrado y de conferencias por especialistas de este grupo en Cuba y diversos países de América Latina y Europa.

La concepción del paisaje como componente objetivo del territorio y recurso para su ordenación está presente en los estudios del Grupo de Geoecología y Paisajes de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana desde los inicios de su constitución, y ha posibilitado establecer una plataforma teórico-metodológica y práctica importante para el ordenamiento territorial en Cuba, que se ha consolidado y extendido a otras instituciones desde hace más de una década. Incluso algunos especialistas en el ámbito internacional hablan de una Escuela Cubana del Paisaje, que recibió la influencia de las Escuelas de Paisaje de Europa Oriental en

las décadas de los años sesenta y setenta del siglo pasado, que posteriormente asimiló y amplió sus relaciones con otras escuelas de Ecología de los Paisajes de Europa Occidental y Norteamérica.

Entre los estudios desarrollados por este grupo se pueden destacar: Mateo, J. (1979), quien presentó una clasificación de los paisajes de Cuba y un mapa de tipos de paisaje a escala 1:1,000,000; Salinas E. (1991) quien a partir de una amplia experiencia de trabajo en el análisis y evaluación de los paisajes a escalas grandes en diversos territorios de Cuba, estableció una serie de principios para la utilización de diferentes métodos en la evaluación de los paisajes como base para el ordenamiento territorial en Cuba. En 1995, Quintela J. estableció los fundamentos para el empleo de los Sistemas de Información Geográfica en las investigaciones geoecológicas, Acevedo P. quien en 1997 realizó un estudio detallado en la aplicación de diversos métodos para el análisis de los paisajes en el ejemplo del archipiélago Sabana-Camagüey al norte de Cuba y por último Remond R. en el año 2003, que estudió la degradación de los paisajes de Cuba a tres niveles, nacional, provincial y municipal apoyándose en el empleo de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica. Finalmente como culminación de estos trabajos podemos mencionar la defensa del segundo doctorado de José Mateo en el año 2007, cuando a partir de sus trabajos, con el enfoque integrador del paisaje por más de dos décadas en Brasil y Cuba propuso una serie de fundamentos para una teoría geográfica de la sostenibilidad ambiental.

Además, se han llevado a cabo numerosos proyectos de investigación en Cuba y en otros países latinoamericanos donde, sobre la base de esta concepción integradora del paisaje, se han realizado los ordenamientos ecológicos y territoriales de diversas regiones y a diversas escalas, lo cual ha sido sustentado en los últimos años con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (Salinas y Quintela, 2000; Ramón y Salinas, 2012; Ramón y Salinas, 2013) y jurídicamente detallado en 1997 con la aprobación de la Ley 81 de Medio Ambiente, donde se incluye por primera vez en Cuba el concepto de Ordenamiento Ambiental como rector de la Planificación y Gestión Ambiental, lo que se tradujo en la necesidad de elaborar un cuerpo teórico-metodológico adecuado para su realización, aspectos estos en los cuales a partir de la experiencia adquirida en estas últimas décadas, se trabaja actualmente (*Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 1997).

En el ámbito docente desde hace tres décadas se imparte la asignatura de Geografía de los Paisajes en el tercer año de la licenciatura en Geografía en la Universidad de La Habana, como posgrado los profesores del grupo de Geoecología y Paisajes antes mencionado han impartido más de 200 cursos y seminarios a nivel de posgrado y decenas de conferencias en diversos países de América Latina y Europa, y desde el año 1995 coordinan la mención Paisajes y Planificación Ambiental de la maestría en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial en la Facultad de Geografía e imparten además cursos sobre paisajes en más de 15 programas de maestría y doctorado en Cuba y el exterior.

Actualmente nuestros especialistas asesoran más de 30 tesis de doctorado y maestría de especialistas cubanos y latinoamericanos y brindan entrenamientos de posgrado a colegas de otras instituciones y provincias de Cuba.

Como parte de la difusión de los resultados de las investigaciones que se realizan en Cuba desde hace más de tres décadas en este campo se han llevado a cabo cinco eventos internacionales sobre Geoecología y Paisajes (1993, 1997, 2002, 2007 y 2011) en los cuales han participado numerosos especialistas de gran prestigio de Cuba y el extranjero y se han presentado decenas de ponencias y conferencias.

Desde hace dos décadas dos profesores del grupo de Geoecología y Paisajes de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana son miembros de la Asociación Internacional de Ecología del Paisaje (IALE) y han participado en diversos congresos de esta institución.

Finalmente se puede decir que se han publicado en Cuba y el exterior decenas de artículos, capítulos de libros y libros en ecología del paisaje y su aplicación al desarrollo de diferentes actividades socio-económicas.

Delimitación, clasificación y cartografía de los paisajes de Cuba

Esta se ha realizado a diferentes escalas y con diferentes enfoques (tipológico, regional y topológico o local) los cuales pueden resumirse de la manera siguiente:

Enfoque tipológico: los complejos naturales tipológicos se caracterizan por poseer rasgos comunes y propios no sólo de las unidades cercanas, sino también de otras alejadas. Son repetibles en el espacio y en el tiempo. Ellos se distinguen de acuerdo con los principios de analogía, homogeneidad relativa, pertenencia a un mismo tipo, repetibilidad y la existencia de muchos contornos con desunión areal de los mismos. El sistema de unidades taxonómicas utilizado en la clasificación de los paisajes de Cuba y de otros países de América Latina considera cuatro niveles taxonómicos, que son: clases, tipos, grupos y especies. Cada una de estas unidades se distingue según la asociación regular de los componentes naturales, mediante un grupo de índices diagnósticos. En el Mapa de los paisajes de Cuba a escala 1:1,000,000 fueron delimitados dos clases, cuatro tipos, 43 grupos y 84 especies (véase Figura 1).

Enfoque regional: consiste en delimitar unidades de carácter regional objetivamente existentes que se caracterizan por su irrepetibilidad o individualidad, de acuerdo con la estructura de los componentes, su composición sustancial, tanto cualitativa como cuantitativa, su integridad territorial, su unidad genética relativa, y su irrepetibilidad en el espacio y en el tiempo. Las unidades utilizadas en Cuba son: provincia, subprovincia, distrito y región, y fueron delimitadas en el mapa a escala 1:1,500,000 del *Nuevo Atlas Nacional de Cuba* del año 1989. Cuba constituye en-

tonces una provincia físico-geográfica del subcontinente de América del Centro, con cuatro subprovincias, siete distritos y 48 regiones.

Enfoque topológico: a escalas detalladas y medias (1:10,000; 1:25,000; 1:50,000), se ha empleado la diferenciación y cartografía de las unidades topológicas o locales que sirven de base para estudios de ordenamiento territorial y ambiental detallados. Se han utilizado en Cuba en estos mapas tres unidades básicas en la diferenciación, que son: las localidades, definidas como un complejo natural genéticamente homogéneo, formado por la asociación de comarcas genéticamente relacionadas; las comarcas, unidad básica de la cartografía local de los paisajes; y las facies, que se consideran como la unidad más elemental, más pequeña y geográficamente indivisible (Mateo, Salinas y Guzmán, 1985; Salinas *et al.*, 1993 y Ramón y Salinas, 2012).

Los paisajes de la cuenca del río Ariguanabo

La cuenca del río Ariguanabo tiene una extensión de 192.18km^2 y abarca parte de cuatro municipios: San Antonio de los Baños, Bauta, Caimito (provincia de Artemisa) y Bejucal (provincia de Mayabeque), con una población aproximada de unos 92,000 habitantes (Oficina Nacional de Estadísticas —ONE, 2011) (véase Figura 2).

La elaboración del Mapa de paisajes de la cuenca Ariguanabo nos ayuda a entender cómo se ha formado y trasformado el territorio, además de conocer la situación ambiental de la cuenca, que según diversos trabajos realizados es crítica, debido a la contaminación de sus aguas por el vertimiento de residuales líquidos y sólidos (urbanos, agropecuarios e industriales), la deforestación, la erosión y perdida de la fertilidad de los suelos entre otros problemas ambientales (GAMMA, 2007).

La cuenca constituye una de las principales fuentes de abasto de agua potable para las provincias de La Habana y Artemisa con un promedio anual de extracción de alrededor de 155 millones de metros cúbicos.

Las características del predominio del carso, su naturaleza de cuenca cerrada y su comunicación subterránea con la cuenca Vento-Almendares hacen de ella una cuenca de alta complejidad desde el punto de vista hidrogeológico, por lo cual ha sido incluida entre las cuencas de importancia nacional.

Para la confección del Mapa de paisaje de la cuenca Ariguanabo, lo primero que se realizó fue la selección de los índices diagnóstico para la clasificación de las unidades de paisajes que se detallan en las Tablas 1 y 2, los pisos altitudinales y rangos de inclinación de las pendientes utilizados.

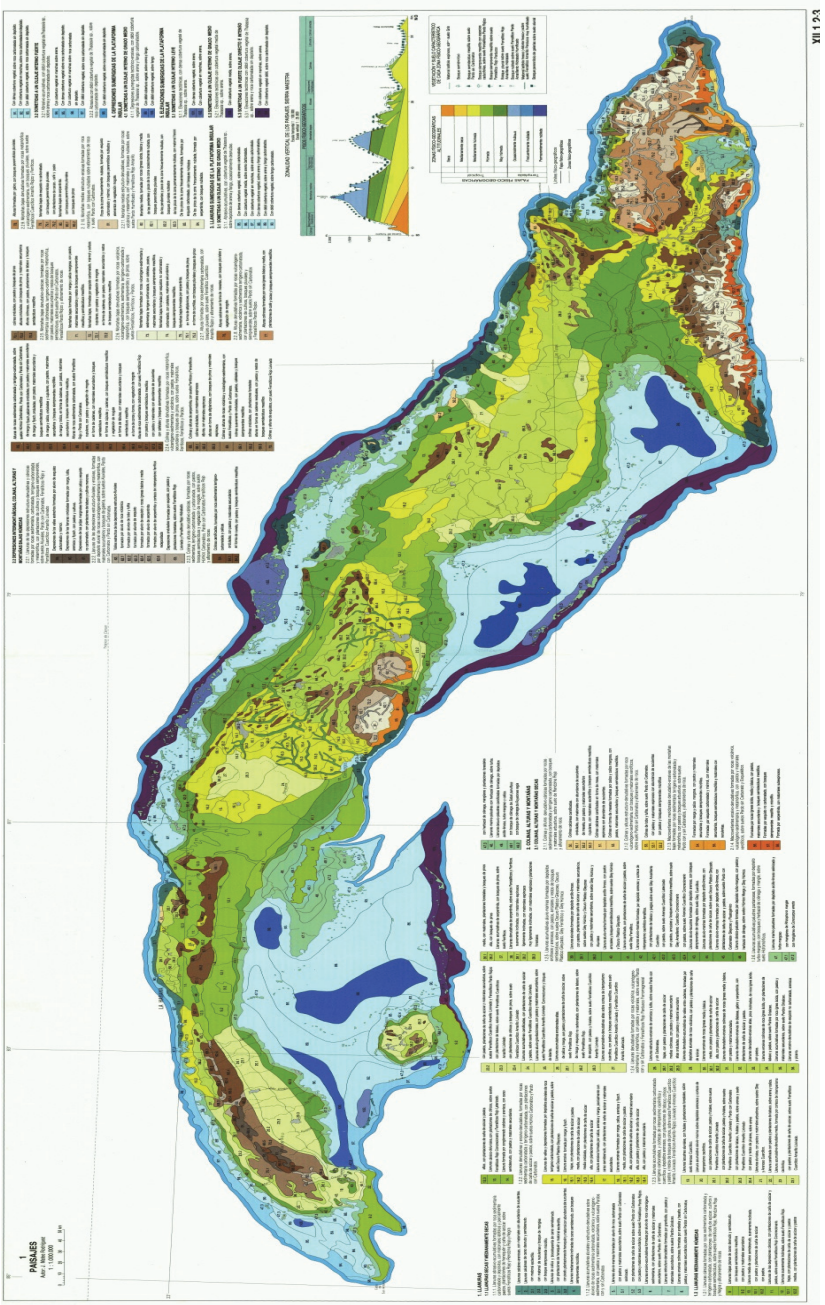


Figura 1. Mapa de paisajes de Cuba.
Fuente: *Nuevo Atlas de Cuba*, 1989.

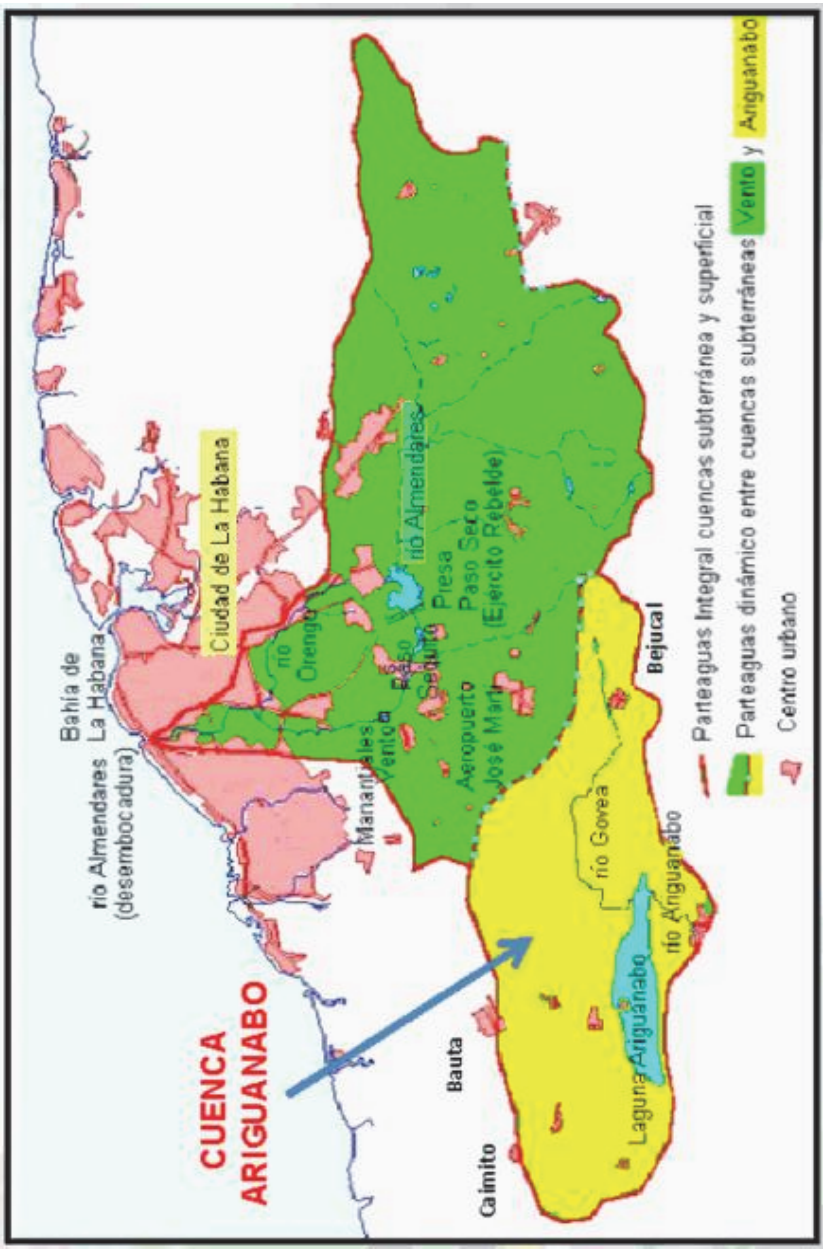


Figura 2. Situación de la cuenca Ariguanabo.
Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de las curvas de nivel con intervalo de 10m se generó el modelo TIN y se convierte en raster (Figura 3). Se reclasifican las alturas y las pendientes de acuerdo a los rangos previamente establecidos, en el caso de las alturas se asumió la clasificación de pisos altitudinales de Hernández *et al.*, 1986 (localidades) y para la inclinación de la pendiente se optó por utilizar los intervalos definidos en el *Nuevo Atlas Nacional de Cuba* (Figura 4). De este procesamiento se definieron cuatro unidades de paisaje de primer orden (denominadas en nuestro caso localidades).

Tabla 1
Índices diagnósticos de la unidades de paisajes

Unidades	*Índices diagnósticos*	*Ejemplo*
Localidad	Asociación de determinados tipos de relieve establecidos para el territorio nacional a partir de los pisos altitudinales y los procesos de formación del relieve: • Llanuras medias 45-80m • Llanuras altas 80-120m • Alturas bajas 120-200m • Alturas medias 200-260m (Según *Hernández et al.*, 1986)	I-Llanuras medias (45-80m) cársico-acumulativas de planas a inclinadas
Comarca	Diferenciación en cuanto a la altura e inclinación de las pendientes: • Planas ($0\text{-}3^0$) • Suavemente inclinadas ($3\text{-}5^0$) • Inclinadas ($5\text{-}10^0$) • Moderadamente inclinadas ($10\text{-}15^0$) • Pendiente ($15\text{-}35^0$) • Muy pendiente ($35\text{-}55^0$) • Extremadamente pendiente $>55^0$ (Según *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, 1989)	I3-Superficie plana ($0\text{-}3^0$)
Subcomarca	Diferenciación en cuanto a la presencia y desarrollo de los procesos cársicos: • Carso desnudo y semi desnudo • Carso cubierto por una delgada capa de suelo • Carso estabilizado • Carso cubierto por depósitos potentes • Área no cársica	I3b-Superficie plana ($0\text{-}3^0$) con carso cubierto por una delgada capa de suelo

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 2
Pisos altitudinales y rangos de inclinación de las pendientes utilizados

Pisos altitudinales	*Altura (m)*	*Rango de inclinación de las pendientes*	*Inclinación (°)*
Llanuras medias	45-80	Planas	0-3
Llanuras altas	80-120	Suavemente inclinadas	3-5
Alturas bajas	120-200	Inclinadas	5-10
Alturas medias	200-260	Moderadamente inclinadas	10-15
		Pendientes	15-35
		Muy pendientes	35-55
		Extremadamente pendientes	>55

Fuente: Elaborada por los autores.

Se obtuvo el cruce inicial entre los pisos altitudinales e inclinación de la pendiente como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3
Inclinación de las pendientes (º)

Pisos	*0 - 3*		*3 - 5*		*5 - 10*		*10 - 15*		*15 - 35*		*35 - 55*		*55 - 90*		*Σ del área (km²)*	*%*
Altitudinales	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*		
45-80m	94.5	95.1	1.9	1.9	1.7	1.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.03	0.00	0.00	0.00	99.4	51.7
80-120m	64.9	33.8	4.0	2.1	2.4	1.2	0.7	0.4	0.5	0.3	0.03	0.00	0.00	0.00	72.5	37.7
120-200m	6.6	3.4	5.6	2.9	4.3	2.2	1.0	0.5	0.8	0.4	0.19	0.10	0.01	0.01	18.5	9.6
200-260m	0.5	0.3	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.02	0.00	0.00	0.00	1.7	0.9

Fuente: Elaborada por los autores.

Con posterioridad dentro de cada una de las cuatro localidades, se estudió la distribución de las pendientes (Tabla 2) y los rasgos morfológicos del territorio y mediante el cruce de estas variables quedaron establecidas 14 unidades de segundo orden denominadas como comarcas.

Se realizó la selección de los rangos para definir las geoformas del relieve. Se marcan con tonos de colores los rangos que conformarán las unidades morfológicas del relieve. Reagrupando estas combinaciones es posible obtener un agrupamiento de las unidades que presentan características homogéneas en cuanto a altimetría y pendiente (véase Tabla 4).

Tabla 4
Análisis de los cruzamientos entre pisos altitudinales e intervalos de inclinación de las pendientes para la obtención de las unidades morfológicas

Primer criterio (intervalos)

Inclinación de las pendientes (°)																
Pisos	*0 - 3*		*3 - 5*		*5 -10*		*10 - 15*		*15 - 35*		*35 - 55*		*55 - 90*		*Σ del área (km²)*	*%*
Altitudinales	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*		
Llanuras medias 45-80m	94.5	95.1	1.9	1.9	1.7	1.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.03	0.00	0.00	0.00	99.4	51.7
Llanuras altas 80-120m	64.9	33.8	4.0	2.1	2.4	1.2	0.7	0.4	0.5	0.3	0.03	0.00	0.00	0.00	72.5	37.7
Llanuras	159.4	83.0	5.9	3.1	4.1	2.1	1.3	0.7	1.2	0.6	0.06	0.00	0.00	0.00	171.9	89.4
Alturas bajas 120-200m	6.6	3.4	5.6	2.9	4.3	2.2	1.0	0.5	0.8	0.4	0.19	0.10	0.01	0.01	18.5	9.6
Alturas medias 200-260m	0.5	0.3	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.02	0.00	0.00	0.00	1.7	0.9
Alturas	7.1	3.7	5.9	3.1	4.7	2.4	1.2	0.6	1.1	0.6	0.21	0.1	0.01	0.01	20.2	10.5
Σ del área (km²)	166.5	86.7	11.8	6.1	8.8	4.5	2.5	1.3	2.3	1.2	0.27	0.10	0.01	0.01	192.1	50.2

Segundo criterio (intervalos)

Inclinación de las pendientes (º)																
Pisos	*0 - 3*		*3 - 5*		*5 - 10*		*10 - 15*		*15 - 35*		*35 - 55*		*55 - 90*		*Σ del área (km²)*	*%*
Altitudinales	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*	*Área*	*%*		
Llanuras medias 45-80m	94.5	95.1	1.9	1.9	1.7	1.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.03	0.00	0.00	0.00	99.4	51.7
Llanuras altas 80-120m	64.9	33.8	4.0	2.1	2.4	1.2	0.7	0.4	0.5	0.3	0.03	0.00	0.00	0.00	72.5	37.7
Llanuras	159.4	83.0	5.9	3.1	4.1	2.1	1.3	0.7	1.2	0.6	0.06	0.00	0.00	0.00	171.9	89.4
Alturas bajas 120-200m	6.6	3.4	5.6	2.9	4.3	2.2	1.0	0.5	0.8	0.4	0.19	0.10	0.01	0.01	18.5	9.6
Alturas medias 200-260m	0.5	0.3	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.02	0.00	0.00	0.00	1.7	0.9
Alturas	7.1	3.7	5.9	3.1	4.7	2.4	1.2	0.6	1.1	0.6	0.21	0.1	0.01	0.01	20.2	10.5
Σ del área (km²)	166.5	86.7	11.8	6.1	8.8	4.5	2.5	1.3	2.3	1.2	0.27	0.10	0.01	0.01	192.1	50.2

Fuente: Elaborada por los autores.

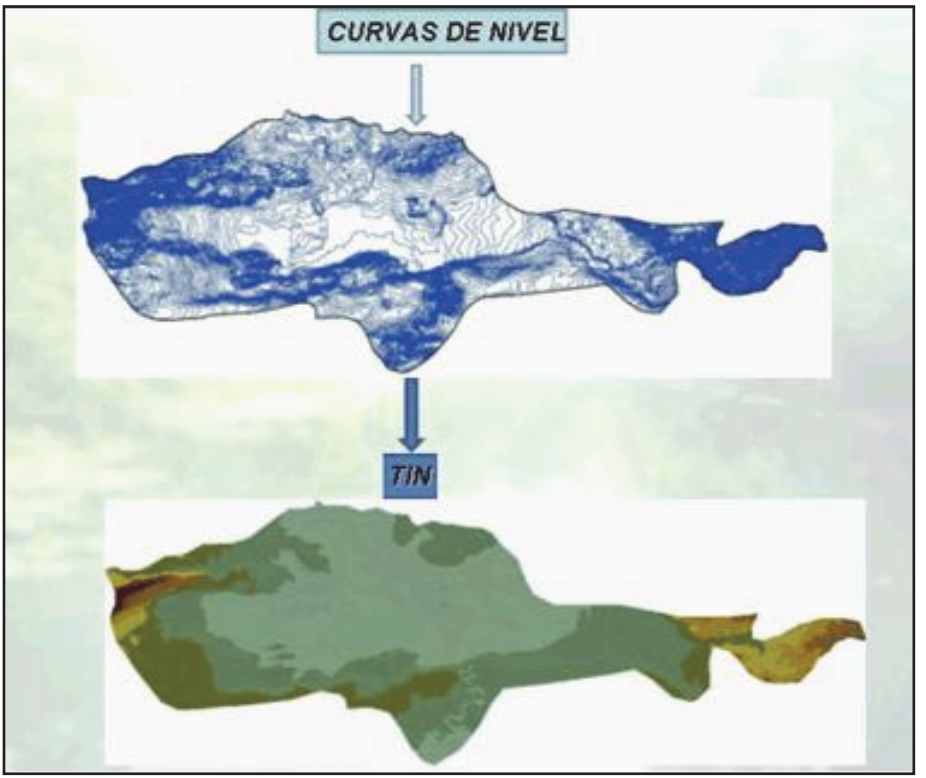


Figura 3. Obtención del Modelo TIN.
Fuente: Elaboración propia.

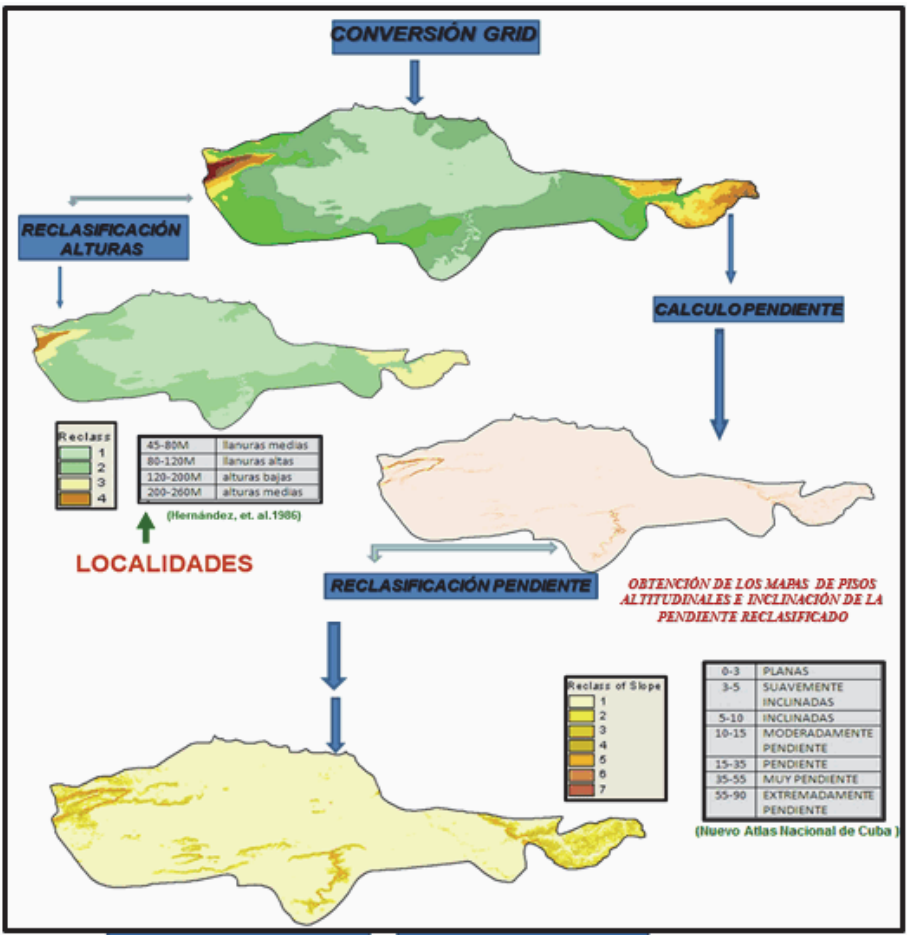


Figura 4. Obtención de los mapas de los pisos altitudinales e inclinación de la pendiente reclasificados.
Fuente: Elaboración propia.

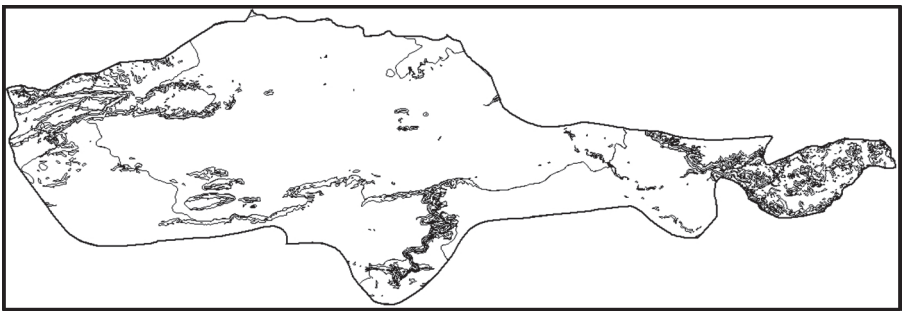


Figura 5. Comarcas (unidades morfológicas).
Fuente: Elaboración propia.

A partir de este reagrupamiento se obtienen las unidades morfológicas (Figura 5).

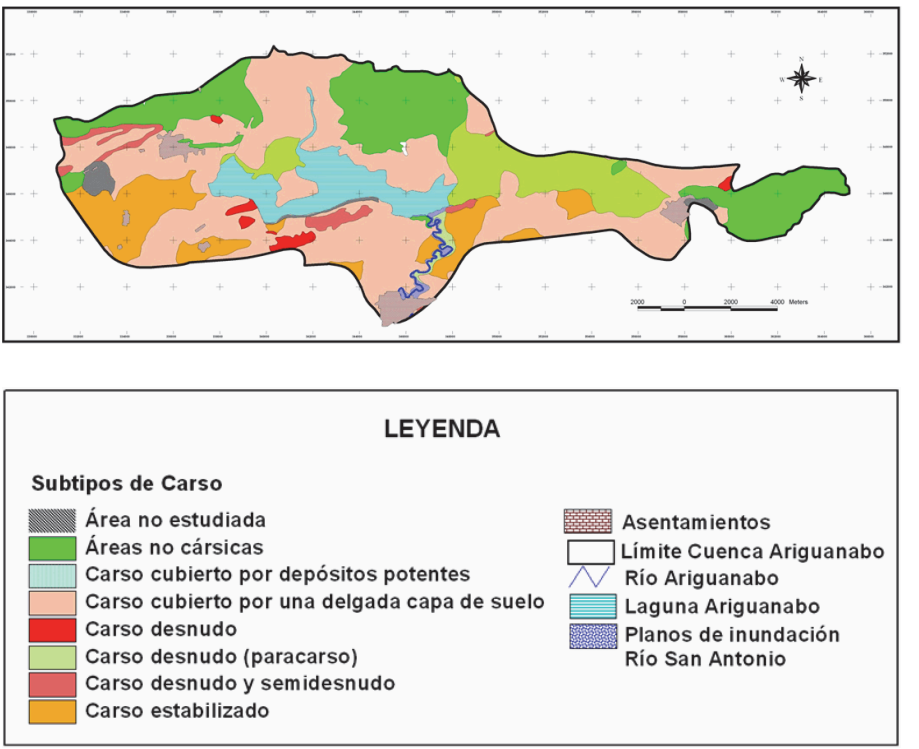


Figura 6. Mapa de subtipo de carso (subcomarcas).
Fuente: Elaboración propia.

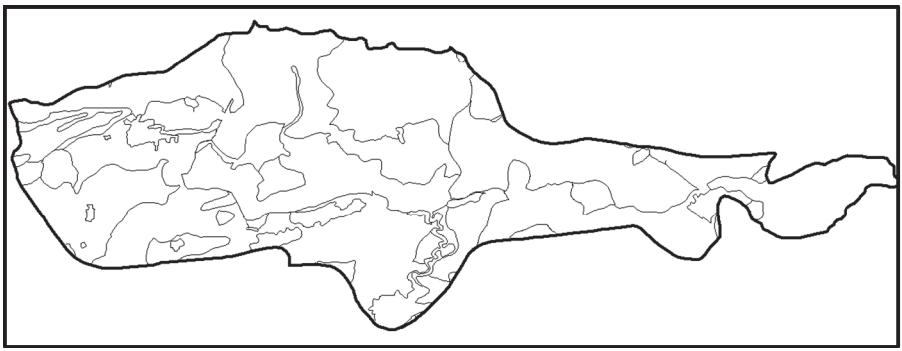


Figura 7. Mapa preliminar de paisajes (localidades, comarcas y subcomarcas).
Fuente: Elaboración propia.

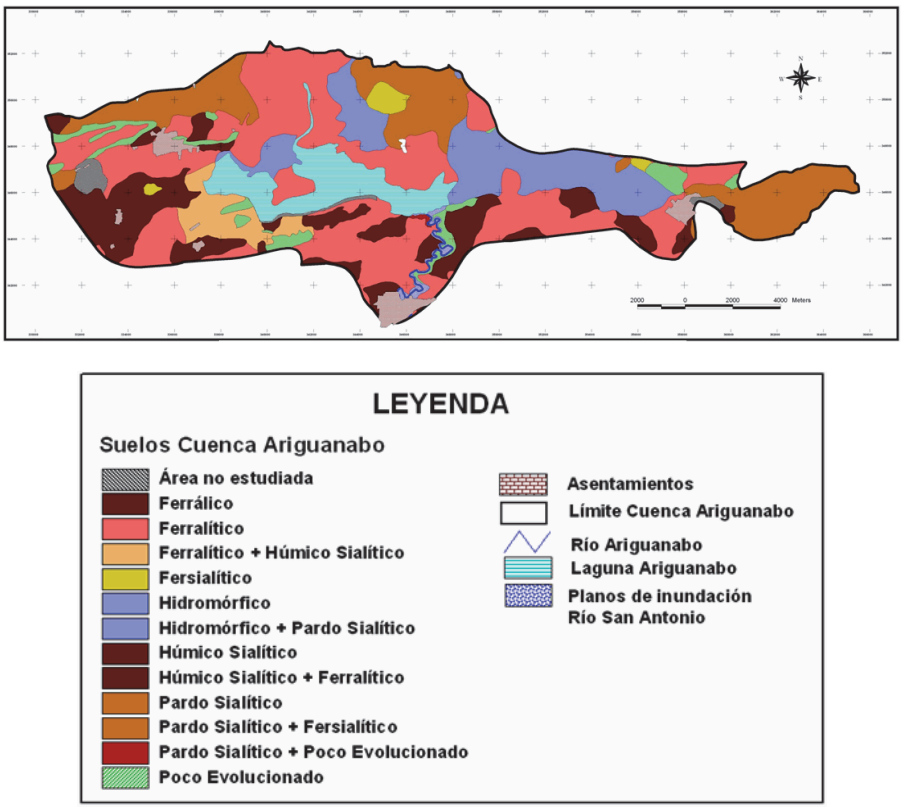


Figura 8. Mapa de suelos.
Fuente: Elaboración propia.

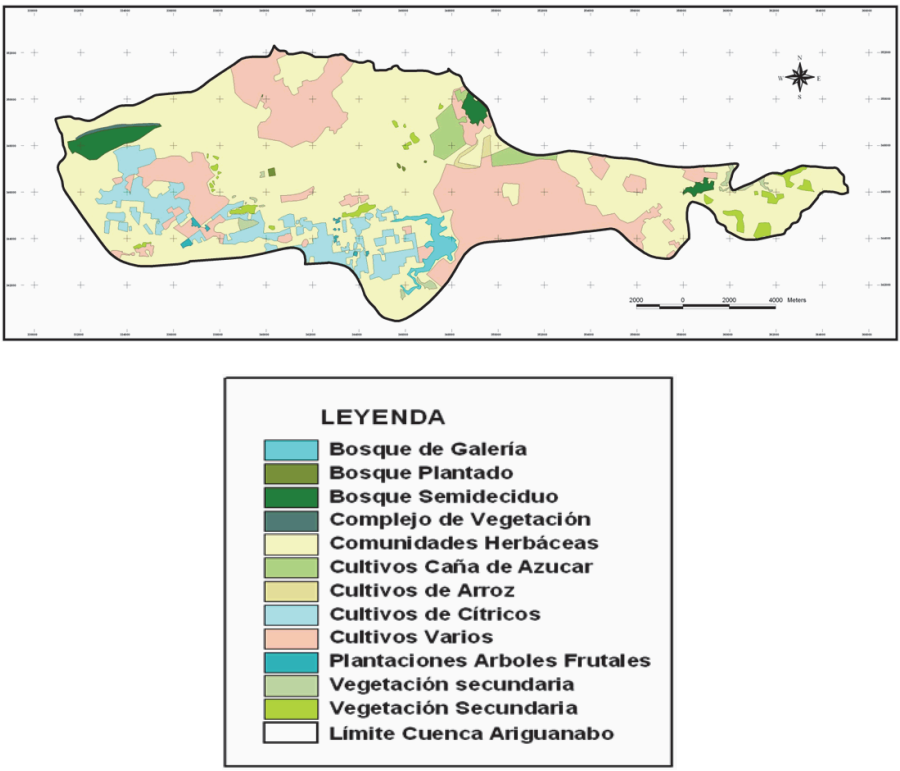


Figura 9. Mapa vegetación/uso.
Fuente: Elaboración propia.

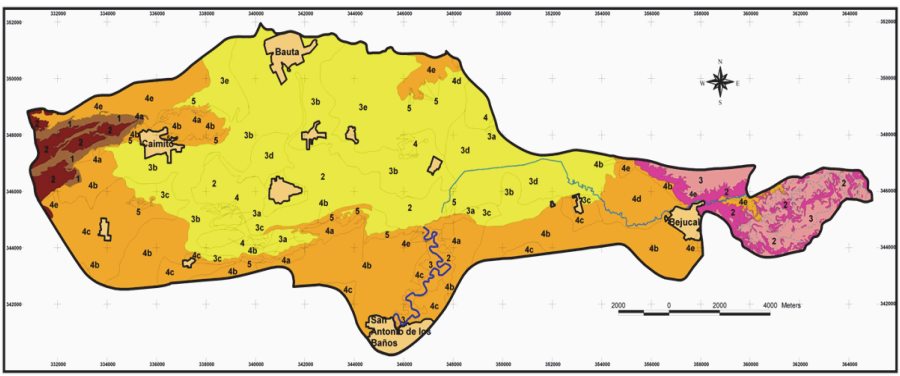


Figura 10. Mapa de paisajes de la cuenca Ariguanabo.

Continuación Figura 10 (leyenda explicativa del Mapa de paisajes de la cuenca Ariguanabo)

localidades	comarcas	subcomarcas	Descripción	Altura (m)	Inclinación pendiente (en °)	Área de la unidad (km²)	Suelo	Vegetación/Uso
I	**Llanuras medias (45-80m) cársico-acumulativas de plana a inclinadas (0-10°) sobre calizas, calizas margosas, margas y areniscas con suelos Ferralítico Rojo, Pardo, Ferrálico Rojo, Fersialítico Pardo Rojizo, Rendzina, Protorrendzina, Gley Nodular Ferruginoso, Lithosol, sedimentos lacuno palustres y fluviales con formaciones arbustiva palustres, vegetación secundaria, cultivos varios y plantaciones de cítricos y frutales.** (98.58 km²)							
	I1		Cauce y valle del río Govea (50-80 m), plano (0-3°) sobre depósitos fluviales y vegetación secundaria (pastos y matorrales).	50-80	0-3	0.06	Depósitos fluviales (89%)	vegetación secundaria (pastos y matorrales)(90%)
	I2		Depresión lacuno-palustre (45-85 m) plana (0-3°) con predominio de sedimentos lacuno palustres turbosos y vegetación secundaria (pastos y formaciones arbustivas palustres)	45-65	0-3	14.90	Predominio de sedimentos lacuno palustres turbosos (100%)	Predominio de Vegetación secundaria (92%)
	I3		Superficie plana (0-3°) (40.36 km²)					
		I3a	con carso desnudo y semidesnudo (60-80 m) con la asociación de Rendzina, Protorrendzina y Lithosol y vegetación secundaria, plantaciones de cítricos y cultivos varios.	60-80	0-3	0.70	Asociación de Rendzina(37%)+Protorrendzina (31%)+Lithosol(28%)	Asociación de Vegetación secundaria (41%) +Plantaciones de cítricos y frutales (31%)+Cultivos varios(28%)
		I3b	con carso cubierto por una delgada capa de suelo (50-80) con la asociación de suelos Ferralítico Rojo, Pardo y Ferralítico Rojo + Rendzina con predominio de vegetación secundaria y cultivos varios	50-80	0-3	43.25	Predominio de Ferralítico Rojo(70%), Pardo(14%) y Ferralítico Rojo + Rendzina(14%)	Predominio de Vegetación secundaria(52%) y Cultivos varios(39%)
		I3c	con carso estabilizado (60-80) con el predominio de suelos Ferrálico Rojo y cultivos varios, plantaciones de cítricos y frutales y vegetación secundaria.	60-80	0-3	2.77	Predominio de Ferrálico Rojo(95%)	Cultivos varios(66%)+Plantaciones de cítricos y frutales(18%)+Vegetación secundaria(16%)

localidades	comarcas	subcomarcas	Descripción	Altura (m)	Inclinación pendiente (en °)	Área de la unidad (km²)	Suelo	Vegetación/Uso
		I3d	con carso cubierto por depósitos potentes (50-80) con la asociación de suelos Gley Nodular Ferruginoso + Pardo y Gley Nodular Ferruginoso con cultivos varios y vegetación secundaria.	50-80	0-3	16.15	Predominio de Gley Nodular Ferruginoso + Pardo(80%) y Gley Nodular Ferruginoso(16%)	Cultivos varios(45%)+Vegetación secundaria(39%)
		I3e	no cársica (50-80) plana (0-3°) con la asociación de suelos Pardo + Fersialítico Pardo Rojizo, Gley Nodular Ferruginoso y Pardo con predominio de vegetación secundaria.	50-90	0-3	18.68	Asociación de Pardo + Fersialítico Pardo Rojizo(46%) + Gley Nodular Ferruginoso(26%)+ Pardo(19%)	Predominio de Vegetación secundaria(80%)
	I4		Colinas residuales cársicas (60-90 m) con laderas inclinadas (0-10°) y cimas redondeadas con predominio de la asociación de Ferralítico Rojo + Rendzina y Lithosol y vegetación secundaria.	60-90	0-10	2.07	Predominio de Ferralítico Rojo + Rendzina(52%)+ Lithosol(28%)	Predominio de Vegetación secundaria(88%)
II	**Llanuras altas (80-120 m) cársica sobre calizas y margas, de plana a pendiente(0-35°), con suelos Ferralítico Rojo, Ferralíco Rojo, Pardo, Rendzina, Gley Nodular Ferruginoso, Lithosol, Fersialítico Pardo Rojizo y con Vegetación secundaria, Cultivos varios, plantaciones de cítricos y frutales y Bosque semideciduo con diverso grado de alteración y vegetación acuática asociada a los cauces permanentes. (66.69 km²)**							
	II1		Cauce y valle del río Govea (80-110 m), plano (0-3°) sobre depósitos fluviales y vegetación secundaria y cultivos varios (arroz).	80-110	0-3	0.07	Depósitos fluviales (82%) y suelos Pardos (14%)	Predominio de Vegetación secundaria(73%)+Cultivos varios(22%)
	II2		Cauce y cañón del río Ariguanabo (50-70 m), plano en el cauce (0-3°) y de moderadamente pendiente a pendiente en el cañón (10-35°) sobre depósitos fluviales y la asociación de Lithosol, Ferrálico Rojo y Ferralítico Rojo con predominio de bosque semideciduo poco alterado y vegetación acuática en el cauce.	50-70	0-35	0.55	Asociación de Lithosol(40%)+Ferralítico Rojo(25%)+Pardo + Protorendzina(15%)+Depósitos fluviales (17%)	Predominio de Bosque semideciduo(84%) y vegetación acuática (14%)

Continuación Figura 10 (leyenda explicativa del Mapa de paisajes de la cuenca Ariguanabo)

localidades	comarcas	subcomarcas	Descripción	Altura (m)	Inclinación pendiente (en °)	Área de la unidad (km²)	Suelo	Vegetación/Uso
	II3		Laderas y zona de transición del Rio Ariguanabo (60-90 m) de plana a inclinada (0-10°) en la zona de transición y de moderadamente pendiente a pendiente en las laderas (10-35°) con la asociación de suelos Lithosol, Ferrálico Rojo y Ferralítico Rojo y predominio de bosque semideciduo medianamente degradado.	60-90	0-35	33.85	Asociación de Lithosol(36%)+Ferrálico Rojo(35%)+Ferralítico Rojo(23%)	Predominio de Bosque semideciduo(96%)
	II4		**Superficie plana (0-3°) (63.67 km²)**					
		II4 a	con carso desnudo y semidesnudo (80-110 m) con asociación de Rendzina, Protorrendzina y Lithosol y predominio de vegetación secundaria y cultivos varios.	80-110	0-3	2.33	Asociación de Rendzina(45%)+Protorrendzina (37%)+Lithosol(15%)	Predominio de Vegetación secundaria(72%) y Cultivos varios(16%)
		II4 b	con carso cubierto por una delgada capa de suelo (80-120 m) con predominio de los suelos Ferralítico Rojo y Rendzina y vegetación secundaria, cultivos varios y plantaciones de cítricos y frutales.	80-120	0-3	33.85	Predominio de Ferralítico Rojo(79%)+ Rendzina(11%)	Asociación de Vegetación secundaria(50%)+Cultivos varios(28%)+Plantaciones de cítricos y frutales(20%)
		II4 c	con carso estabilizado (80-120 m) con predominio de los suelos Ferrálico Rojo y la asociación de vegetación secundaria, cultivos varios y plantaciones de cítricos y frutales.	80-120	0-3	17.03	Predominio de Ferrálico Rojo(95%)	Asociación de Vegetación secundaria(47%)+Cultivos varios(31%)+Cultivos de cítricos(21%)
		II4 d	carso cubierto por depósitos potentes (80-100 m) con predominio de la asociación de suelos Gley Nodular Ferruginoso + Pardo y predominio de vegetación secundaria y cultivos varios.	80-100	0-3	5.00	Predominio de Gley Nodular Ferruginoso + Pardo (99%)	Predominio de Vegetación secundaria(84%)+Cultivos varios(16%)
		II4 e	no cársica (80-120 m) con la asociación de suelos Pardo + Fersialítico Pardo Rojizo y predominio de vegetación secundaria y cultivos varios.	80-120	0-3	2.11	Predominio de Pardo + Fersialítico Pardo Rojizo(86%)	Predominio de Vegetación secundaria(100%)

localidades	comarcas	subcomarcas	Descripción	Altura (m)	Inclinación pendiente (en °)	Área de la unidad (km²)	Suelo	Vegetación/Uso
	II5		Superficie de transición (60-130 m), escalón suavemente inclinado a inclinado (3-10°) con suelos Ferralítico Rojo, Ferrálico Rojo, Lithosol, Rendzina y Protorendzina con predominio de vegetación secundaria, cultivos varios y plantaciones de cítricos y frutales.	60-130	3-10	3.45	Asociación de Ferralítico Rojo(24%)+Ferrálico Rojo(18%)+Lithosol(18%)+Rendzina(13%)+Protorenzina(8%)	Predominio de Vegetación secundaria(78%), Cultivos varios(9%) y Plantaciones de cítricos y frutales(9%)
III			**Alturas bajas estructuro-denudativas y erosivas (120-200 m) predominantemente sobre margas, con suelos Pardo, Ferralítico Rojo y Lithosol con vegetación secundaria y restos de bosque semideciduo degradado. (15.01 km²)**					
	III1		Cañadas intermitentes de primer y segundo orden (120-160 m)de suavemente inclinadas a moderadamente pendientes (3-15°)	120-160	3-15	0.08	Predominio de Pardo(45%)+Lithosol(30%)	Predominio de Vegetación secundaria arbustiva (90%)
	III2		Laderas (90-190 m) inclinadas (5-10°) con suelos Pardo y Lithosol y predominio de vegetación secundaria.	90-190	3-10	5.65	Predominio de Pardo(68%)+Lithosol(18%)	Predominio de Vegetación secundaria(93%)
	III3		Cimas (120-200 m) de plana a suavemente inclinadas (0-5°) con suelos Pardo y Ferralítico Rojo y predominio de vegetación secundaria	120-200	0-5	9.28	Predominio de Pardo(75%) y Ferralítico Rojo(19%)	Vegetación secundaria(92%)
IV			**Alturas medias estructuro-cársicas (120-260m) sobre calizas y calizas margosas, con suelos Ferralítico Rojo, Pardo y Lithosol con Vegetación secundaria y Bosque semideciduo y matorral arbustivo. (7.25 km²)**					
	IV1		Escarpes (80-230 m) de inclinados a pendientes (5-35°) con predominio de Lithosol y Ferralítico Rojo y vegetación secundaria y bosque semideciduo medianamente degradado.	80-230	5-35	3.27	Predominio de Lithosol(51%) y Ferralítico Rojo(31%)	Predominio de Vegetación secundaria(58%) y Bosque semideciduo(30%)
	IV2		Cimas (110-260 m) de plana a suavemente inclinadas (0-5°) con suelos Ferralítico Rojo, Pardo y Lithosol y predominio de vegetación secundaria y bosque semideciduo medianamente degradado	110-260	0-5	3.98	Predominio de Ferralítico Rojo(56%)+Pardo(18%)+Lithosol (12%)	Predominio de Vegetación secundaria(53%)+Bosque semideciduo(46%)

Figura 10. Mapa de paisajes de la cuenca Ariguanabo.
Fuente: Elaboración propia.

Por último atendiendo a la presencia y grado de desarrollo de los procesos cársicos, evidenciados en la tipología del carso presente (Iturralde-Vinent, 1996; Morelio *et al.*, 2001 e Instituto de Geofísica y Astronomía —IGA, 2012), se realizó el cruce entre el mapa de tipos de carso (subcomarcas) (Figura 6) y el de las unidades morfológicas (comarcas) (Figura 5), resultando la diferenciación de 10 nuevas entidades de tercer orden (nombradas subcomarcas). Dando como resultado el mapa con las unidades en su conjunto (localidades, comarca y subcomarcas) (Figura 7).

El mapa con las unidades en su conjunto (Figura 7) se cruzó con el mapa de tipo de suelo (Figura 8) y con el de la cubierta vegetal (Figura 9), lo cual permitió caracterizar cada una de las entidades por su componente edáfico y la vegetación o uso del suelo existente (Bastart, 1998; Capote *et al.* y Capote y Berazain, 2005), con lo cual se obtiene el mapa de paisajes de la cuenca (Figura 10).

Después, el mapa con las unidades en su conjunto (localidades, comarcas y subcomarcas) (Figura 7) se cruzó con el mapa de tipo de suelo (Figura 8) y con el de la cubierta vegetal (Figura 9), lo cual permitió caracterizar cada una de las entidades por su componente edáfico y la vegetación o uso del suelo existente (Bastart, 1998; Capote *et al*.; Capote y Berazain, 2005). Al final después de todo este proceso se obtuvo el mapa de paisajes de la cuenca Ariguanabo (Figura 10), con IV unidades a nivel de localidades que a continuación se detallan:

- Unidad I. Llanuras medias (45-80m) cársico-acumulativas de plana a inclinadas (0-10°) sobre calizas, calizas margosas, margas y areniscas con suelos ferralítico rojo, pardo, ferrálico rojo, fersialítico pardo rojizo, rendzina, protorrendzina, gley nodular ferruginoso, lithosol, sedimentos lacuno palustres y fluviales con formaciones arbustiva palustres, vegetación secundaria, cultivos varios y plantaciones de cítricos y frutales (98.58 km^2).
- Unidad II. Llanuras altas (80-120m) cársica sobre calizas y margas, de plana a pendiente (0-35°), con suelos ferralítico rojo, pardo, rendzina, gley nodular ferruginoso, lithosol, fersialítico pardo rojizo y con vegetación secundaria, cultivos varios, plantaciones de cítricos y frutales, y bosque semideciduo con diverso grado de alteración y vegetación acuática asociada a los cauces permanentes (66.69km^2).
- Unidad III. Alturas bajas estructuro-denudativas y erosivas (120-200m) predominantemente sobre margas, con suelos pardo, ferralítico rojo y lithosol con vegetación secundaria y restos de bosque semideciduo degradado (15.01km^2).
- Unidad IV. Alturas medias estructuro-cársicas (120-260m) sobre calizas y calizas margosas, con suelos ferralítico rojo, pardo y lithosol con vegetación secundaria y bosque semideciduo y matorral arbustivo (7.25km^2).

Conclusiones

1. Los estudios de integración geográfica en Cuba tienen una larga historia y han estado relacionados con el propio desarrollo de la Geografía como disciplina científica y los aportes realizados por diversos especialistas durante más de 100 años.
2. En las últimas décadas se ha consolidado este enfoque de integración dando lugar a la Escuela de Paisajes Cubana, que ha extendido la aplicación de esta concepción a los trabajos de ordenamiento ambiental y territorial no solo en nuestro país sino en otros países de América Latina.
3. El uso de los Sistemas de Información Geográfica y otras técnicas posibilitan realizar análisis más detallados y precisos sobre los paisajes como unidades de integración y su uso en diversas tareas de planificación y gestión territorial.
4. El uso de los SIG constituyó una valiosa herramienta para el manejo y procesamiento de la información de los diversos componentes (relieve, litología, suelo y vegetación/uso) posibilitando la delimitación, clasificación y cartografía de los paisajes a partir del empleo de índices diagnósticos previamente establecidos.
5. La clasificación de los pisos altimétricos utilizada en el *Nuevo Altas Nacional de Cuba* y el reconocimiento de los procesos formadores del relieve permitió la delimitación de cuatro unidades de primer orden (localidades) que posteriormente con el análisis de la altimetría e inclinación de la pendiente posibilitó dividir las unidades anteriores en 14 subunidades (comarcas) y finalmente la inclusión de los subtipos de carso como índices de diagnóstico en la diferenciación de las subunidades permitió delimitar 10 subcomarcas, lo cual resultó algo novedoso para nuestro país.
6. El Mapa de paisajes aquí presentado sienta las bases para la delimitación de las unidades ambientales de la cuenca Ariguanabo que servirán para la planificación territorial y ambiental.

Bibliografía

Acevedo, P., *Análisis de los paisajes insulares del Archipiélago Sabana-Camagüey*, (inédito), tesis de doctorado, Universidad de La Habana 1996, 130 pp.

Bastart, M., *Diversidad vegetal de la Habana, Cuba*, (inédito) tesis de maestría, Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, 1998, 61 pp.

Bastian, O. y Steinhardt, U., *Development and Perspectives of Landscape Ecology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002, 498 pp.

Bertrand, C. y Bertrand, G., *Geografía del medio ambiente. El Sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje*, Universidad de Granada, 2006, 403 pp.

Busquets, J. y Cortina, A. (coords.), *Gestión del Paisaje. Manual de protección, gestión y ordenación del paisaje*, Editorial Ariel, Barcelona, 2009, 703 pp.

Capote, R. *et al.*, *Formaciones vegetales. Mapa de vegetación actual de las provincias habaneras (Ciudad de La Habana y La Habana), Cuba, escala: 1:50,000*, Instituto de Ecología y Sistemática, Agencia de Medio Ambiente, CITMA, 2006.

Capote, R. y Berazain, R., "Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba", *Revista del Jardín Botánico Nacional*, vol. 2, núm. 2, pp. 12-34, La Habana, 1984.

Colectivo de autores, *Nuevo Altas Nacional de Cuba*, Instituto de Geografía, La Habana, 1989, 60 p.

Gaceta Oficial de la República de Cuba, núm. 7, Ley No. 81 del Medio Ambiente, La Habana, 11 de julio de 1997, 47 pp.

GAMMA, S.A, "Actualización del diagnóstico ambiental de la cuenca Ariguanabo, provincia La Habana", (inédito), 2007, 91 pp.

Hernández, J.R.; Díaz, J.L.; Portela, A.H.; Blanco, P. y Magaz, A., *Los principios básicos de la clasificación morfoestructural del relieve cubano*, Editorial Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 1986, 60 pp.

IGA, "Indicadores para la evaluación del geopotencial del medio físico: una herramienta para la planificación ambiental territorial. Estudios de caso provincia Artemisa y municipio Moa", (inédito), 2012.

Iturralde-Vinent, M., "Introduction to Cuban geology and tectonics, en ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba", IUGS/UNESCO, Project 364, *Spec. Contr.*, vol. 1, pp. 3-35, Miami, USA, 1996.

Mateo, J., *Aportes para la formulación de una teoría geográfica de la sostenibilidad ambiental*, (inédito), tesis de doctor en Ciencias, Universidad de La Habana, 2007, 158 pp.

Mateo, J., *Geografía de los paisajes, primera parte. Paisajes naturales*, Editorial Universitaria, La Habana, 2008, 191 pp.

Mateo, J.; Salinas, E. y Guzmán, J.L., "El análisis de los paisajes como fundamento para la planificación de los territorios", Primera Jornada sobre Planificación Regional, y Urbana, IPF-JUCEPLAN, La Habana, 1985, 18 pp.

Mateo, J.; Salinas, E., Bollo, M. e Iñiguez, L., "Mapa de Paisajes de Cuba a escala 1:1,000,000", *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, Instituto Geográfico Nacional de España, Madrid, 1989.

Molerio *et al.*, "Protección ambiental y gestión integrada de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la cuenca Ariguanabo", (inédito), IGA, La Habana, 2001.

NC 93-06-101 "Paisaje. Términos y definiciones. Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente", Comité Estatal de Normalización, La Habana, 1987, 15 pp.

Oficina Nacional de Estadísticas (ONE), *Anuario Estadístico de Cuba*, 2011.

Quintela, J., *El inventario, el análisis y el diagnóstico geoecológico de los paisajes mediante el uso de los SIG*, (inédito), tesis de doctorado, Universidad de La Habana, 1995, 105 pp.

Ramón, A.; Salinas, E. y Remond, R., "Diseño metodológico para la elaboración de mapas de paisajes con el uso de los SIG: aplicación a la cuenca alta del río Cauto, Cuba", *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, vol. 1, núm. 1, pp. 95-108, 2009.

Ramón, A.M. y Salinas, E., *Guía para la elaboración de mapas de paisajes con el uso del ArcGIS. Metodología para la determinación de unidades de paisajes del nivel local con ArcGIS Desktop*, Editorial Academia Española, Saarbrucken, Alemania, 2012, 98 pp.

Ramón, A. y Salinas, E., "Propuesta metodológica para la delimitación semiautomátizada de unidades de paisaje de nivel local", *Revista do Departamento de Geografía*, USP, núm. 25, pp. 3-22, 2013.

Remond, R., *Degradación de los paisajes de Cuba*, (inédito), tesis de doctorado, Universidad de La Habana, 2003, 105 pp.

Salitchev, K.A., *Cartografía*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1979, 182 pp.

Salinas, E., *Análisis y evaluación de los paisajes en la planificación regional en Cuba*, (inédito), tesis de doctorado, Universidad de la Habana, 1991, 187 pp.

———, "El ordenamiento geoecológico en la planificación regional en Cuba", *Medio Ambiente y Urbanización*, vol. 13, núm. 49, pp. 89-99, Buenos Aires, Argentina, 1994.

———, "La Geografía y el Ordenamiento Territorial en Cuba", *La Gaceta Ecológica*, vol. 76, pp. 35-51, México, 2005.

Salinas, E. y Quintela, J., "Paisajes y Ordenamiento Territorial. Obtención del mapa de paisajes del Estado de Hidalgo en México a escala media con el apoyo de los SIG", *Alquibla, Revista de Investigaciones del Bajo Segura*, núm. 7, pp. 517-527, Alicante, España, 2000.

Salinas, E.; Mateo, J. y Machado, R., "Estudios geográficos y clasificación de los paisajes de Cuba, en Latinoamérica. Territorios y países en el umbral del siglo XXI", I Congreso Nacional de Geografía sobre Latinoamérica, pp. 401-411, Editorial MAPFRE América Tarragona, España, 1993.

Gestión del agua y minería en el Perú: manejo del agua en operaciones mineras e intervenciones en la cuenca

Ángel Espinar Álvarez*

Abstract

Over the last years the mining industry has been performing its activities under conditions in which access and use of water resources is not just vital for mining-metallurgical processes, but also a key factor in order to be accepted as a fellow actor in the basin, precisely by those it has to enter into agreements with, not just for shared use, but also for shared management, based on technical and regulatory procedures, set forth by the competent water authority. Common understanding and agreement about water availability within a certain geographical area, overseen by the regulatory intervention of the statutory authority, in line with water demand, is the way to build water resources governability in the basin, the geographical space where integrated water management efforts are to be conducted.

There is widespread consensus among the majority of water-consuming economic activities, mining in particular, about the need to incorporate a vision and focus on integrated water management, in order to ensure its conservation, quality and rational use. The mining industry is determined to show its activities and water management efforts, inside and outside its facilities, make a positive contribution to sustainable development, environmental protection, and specifically to the stewardship of water resources in those basins where it operates, aiming at undertaking its activities in a responsible manner.

Key words: *Integrated water management, water management, water management organizations*.

* Magíster en Antropología de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) con estudios en Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la Confederación Iberoamericana del Agua, Uruguay. Actualmente se desempeña como Jefe de Gestión de Recursos Hídricos en Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., correo electrónico: angesalva@hotmail.com

Resumen

En los últimos años, la industria minera viene desarrollando sus actividades en escenarios en los que el acceso y uso del agua constituye no sólo un recurso con el cual realizan los procesos minero-metalúrgicos, sino también un factor determinante para situarse como actor junto con otros en la cuenca, con quienes tiene que establecer acuerdos no sólo de uso sino también de gestión compartida, sobre la base de procedimientos técnico-normativos que señala la autoridad competente en materia de recursos hídricos. La concurrencia y acuerdo por las disponibilidades hídricas de un territorio hidrográfico determinado mediada por la intervención regulatoria de la autoridad en la atención de las demandas hídricas, construye gobernabilidad en torno a los usos de los recursos hídricos en la cuenca, espacio privilegiado para realizar la gestión integrada del agua.

En la mayoría de las actividades productivas que usan agua y específicamente en la minería, existe consenso sobre la necesidad de incorporar como visión y enfoque una gestión integrada del recurso hídrico para asegurar su conservación, calidad y uso racional. La industria minera está empeñada en demostrar que sus actividades, especialmente el manejo de las aguas dentro y fuera de sus operaciones, contribuyen con el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente y específicamente de los recursos hídricos en las cuencas donde se ubican sus actividades, desarrollando sus operaciones en forma responsable para respetar y proteger su entorno.

Palabras clave: *gestión integrada de recursos hídricos, manejo de aguas, organización de gestión de recursos hídricos*.

Minería y demanda de agua en el Perú

Es conocido en el Perú, en el único estudio disponible del año 1992, que la demanda general de agua de los principales diversos usos consuntivos, como puede apreciarse en la Figura 1, indican que la minería es el sector productivo que menos agua consume, aunque no siempre esta proporción es percibida como insignificante en los territorios hidrográficos de escala menor (microcuencas, subcuencas), donde las actividades mineras suelen realizar sus actividades.

Podemos contrastar con información de una cuenca específica, la distribución de las demandas hídricas a nivel nacional, donde concurren diversos usos y observar cómo se da la relación entre gestión del agua y la actividad minera. Es importante señalar, que el análisis que se hace toma como referencia los procesos de gestión del agua en una determinada cuenca, sin que por ello se afirme que éste constituye un comportamiento general, dado que cada cuenca posee su propia configuración hidrológica, social y de gestión. Sin embargo, consideramos que los elementos que forman parte del presente análisis permiten establecer conclusiones en torno al

funcionamiento de la actividad minera respecto a la gestión del recurso hídrico en la cuenca hidrográfica.

Región hidrográfica		*Agrícola*	*Poblacional*	*Minero*	*Industrial*
Pacífico	(hm^3)	14,200	1,018	152	1,103
Amazonas	(hm^3)	1,996	228	53	49
Titicaca	(hm^3)	71	18	2	3
Total	(hm^3)	16,267	1,264	207	1,155

Fuente: MINAG-DGAS, Estudio básico situacional de los recursos hídricos del Perú, 1992.

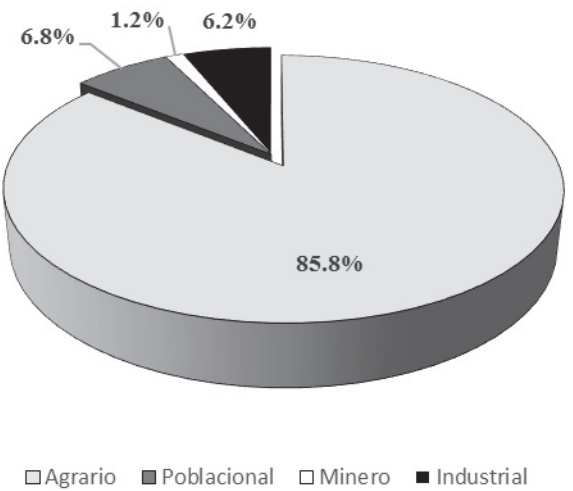


Figura 1. Demandas de agua.

En la cuenca Chancay-Lambayeque, una de las cuencas importantes del norte del Perú, la demanda anual de agua por cada uno de los usos (Figura 2), donde el mayor uso lo tiene el agrícola (93.25%) y el menor, el minero (0.08%). En la parte baja de la cuenca con sistema regulado, las demandas representan un total neto de 1,136.04 millones de metros cúbicos; lo requerido para el uso poblacional es de 48mmc (4.23%); la demanda por el uso agrario es de 1,062.84mmc y representa el 93.56 % de la demanda total; y por el uso industrial es de 25.20mmc que representa el 2.22% del total. En la parte media y alta de la cuenca los usos consuntivos preponderantes son el poblacional, agrario y minero. La demanda para el uso agrario es de 22.45mmc para el riego complementario de aproximadamente 5,127.68 ha, la de uso poblacional de 4.39mmc y la de uso minero de 0.93mmc.

Uso	*Demanda anual (mmc)*		
	Cuenca baja	*Cuenca media y alta*	*Total*
Agrario	1,062.84	22.45	1,085.29
Poblacional (*)	48.00	4.39	52.39
Industrial	25.20	—	25.20
Minero	—	0.93	0.93
Total	1,136.04	27.77	1.163.81

* Cuenca alta estima.

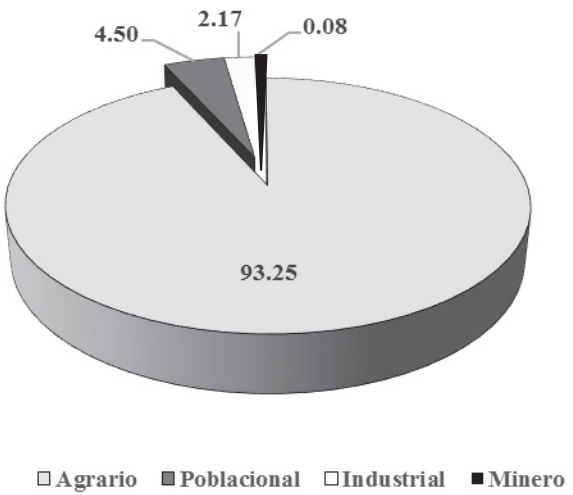


Figura 2. Demanda anual de agua cuenca Chancay-Lambayeque.
Fuente: PMGRH-ANA, 2013.

Es cierto que la demanda de agua del sector minero es puesta en cuestión en territorios donde se percibe la escasez del recurso, y no siempre porque el recurso sea escaso sino porque el acceso de la población a dicho bien, es limitada en contextos donde la infraestructura hidráulica es inexistente para captar las aguas de precipitación que discurren al mar sin que sean aprovechadas oportunamente (53% se pierde en la vertiente del Pacífico), o por problemas de eficacia en los usos, especialmente en el agrícola que cuenta con promedios de eficiencia de apenas el 35%, sumado a los problemas ocasionados de salinidad dPe suelos y mal drenaje.

Frente a esta realidad de las demandas hídricas, coexisten las controversias para el funcionamiento de la actividad minera, por lo general en la fase de exploraciones, y que tienen origen en la percepción de la población, aunada a una mayor con-

ciencia ambiental, de temores frente a posibles efectos de contaminación de las fuentes de agua. Estas percepciones, son generalmente sobredimensionadas por efectismos de determinada forma de hacer política localmente. Se ha investigado poco en torno a las causas profundas de lo que se ha señalado como una "posición antiminera".

El informe reciente de la Oficina de Diálogo y Sostenibilidad, adscrito a la Presidencia de Consejo de Ministros (*Willaqniki*, núm. 11), señala que:

> Los conflictos en entornos mineros expresan las aspiraciones y expectativas de la población por acceder a bienes y servicios públicos, así como a beneficios derivados de la minería. El "sentimiento antiminero" es predominante sólo en una minoría de casos, y por lo general, está asociado a ámbitos donde no existe experiencia directa previa de actividades mineras y las actitudes y prácticas de ciertas empresas agudizaron la desconfianza siendo percibidas por muchos como una amenaza para el acceso a ciertos recursos (agua, tierras).

Conservación y uso de agua en área de influencia minera

El acceso y uso del agua en los entornos mineros constituye una de las políticas centrales de responsabilidad ambiental y social de la industria minera, y busca responder a esta problemática o necesidad a través de la construcción de infraestructura hidráulica que permita captar o embalsar agua generada en las temporadas de mayor precipitación que permitan afrontar los tiempos de estiaje y contribuir con el acceso de agua de otros usos ubicados en las partes media o baja de la cuenca.

La actividad minera en sus operaciones adopta mecanismos de conservación del agua, que tienen que ver con la gestión de la cantidad y su acceso.[1] Uno de estos es el aporte a la regulación del recurso hídrico en la parte alta de la cuenca, donde generalmente se ubica la mina, en función de las demandas existentes en el entorno de las operaciones. El represamiento y embalse del agua constituye uno de los mecanismos que la industria minera asume como prioridad en su política ambiental, como forma de mejorar la disponibilidad hídrica en el entorno de las futuras operaciones, y como política de responsabilidad social frente a las necesidades y demandas de otros usos en la cuenca.

Los estudios de impacto ambiental (EIA) contienen información relevante de la hidrografía, hidrología e hidrogeología de la llamada área de influencia y cons-

[1] El acceso al agua es un derecho fundamental del ser humano, y en Buenaventura estamos convencidos que para desarrollar todo proyecto —y no solo minero sino de cualquier otro sector productivo o de servicios— es imprescindible incorporar el agua como un factor fundamental. Por ello, cuando construimos represas o reservorios lo hacemos para contar con más agua de la que pudiera disponer el proyecto minero, y de esta forma contribuimos a que las poblaciones de nuestro entorno puedan acceder a este recurso. En Benavides Ganoza, Roque, *La minería responsable y sus aportes al desarrollo del Perú*, Lima, 2012.

tituyen instrumentos de conocimiento necesarios para el manejo de las aguas en las operaciones mineras en todas sus fases. Esta información es fundamental para contar con los permisos ambientales[2] necesarios que permitan al proyecto minero entrar en operaciones, y para establecer en la vida del proyecto la demanda de agua necesaria para producir, conjuntamente con la demanda de los otros usos que están en el área de influencia. Es sobre la base de esta información hídrica que se define en el mismo estudio ambiental la implementación de infraestructura hidráulica y las dotaciones de agua para los fines mineros y el respeto a las demandas de otros usos.

Si bien la información de los estudios de impacto ambiental es generada por una entidad privada, ésta es de dominio público por los procesos de consulta ciudadana y porque pasan a formar parte del acervo de información ambiental que aprueba el Estado en sus diferentes instancias. Este tipo de información (hidrología de la cuenca, régimen hidrológico, geomorfología, red hidrográfica, entre otros) no siempre es utilizada en aras de pensar en un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos de determinado territorio. También es cierto que las prácticas de poner en público información ambiental no son frecuentes en las entidades privadas, lo cierto es que este tipo de información es pública y está disponible al servicio de la cuenca, y sólo requieren de los mecanismos que gestionen esta información para ponerla al alcance de los usuarios.

Las siguientes presas y embalses (Tabla 1) corresponden a diversas empresas mineras, construidas la mayor parte de ellas en la última década, y como puede observarse los volúmenes acumulados, sólo en los ejemplos mencionados, ascienden a casi 113mmc, destinados principalmente al uso agropecuario, y que posibilitan regular hidrológicamente la cuenca en épocas de estiaje.

El incremento de los caudales en la cuenca son favorecidos por estas obras hidráulicas que permiten retener agua y tenerla disponible para regular la cuenca, y en muchos casos para ser aprovechadas en obras de riego y uso poblacional previamente tratada. Los volúmenes destinados al uso de la actividad minera suelen en muchos casos ser mínimos y en algunos casos no requeribles por los trabajos de recirculación que permiten reusar las aguas tanto en los procesos industriales como en riego de componentes y vías de acceso.

[2] Los actuales términos de referencia que propone la autoridad competente en materia hídrica del Perú en la evaluación de los estudios ambientales, contempla que la descripción del proyecto minero en cada una de sus etapas (planificación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y abandono o cierre) contenga información relacionada a las demandas actuales de agua, las demandas asociadas a la actividad, la proyección de consumo de agua de la fuente y el balance de agua operacional, además de presentar la disponibilidad considerando el balance hídrico y los otros usos en el área de influencia (*cfr.* R.J. N° 250-2013-ANA).

Tabla 1
Presas y embalses en actividades mineras

No.	*Embalses*	*Ubicación*	*Cantidad almacenada (m^3/año)*	*Uso*
1	Añil cocha	Oyón, Lima	8,676,900	Uso energético
2	Bramadero	La Zanja, Cajamarca	512,048	Uso agrícola y poblacional
3	Corococha	Orcopampa, Arequipa	5,843,070	Uso energético
4	Jinuahuaycco	Breapampa, Ayacucho	269,034	Uso minero
5	Lacsacocha	Mallay, Lima	394,800	Uso minero y agrícola
6	Patón	Oyón, Lima	7,487,497	Uso energético
7	Pillones	Arequipa	80,000,000	Uso agrícola, minero y poblacional
8	Río Grande	Cajamarca	400,000	Uso agrícola y ganadero
9	Río Rejo	Cajamarca	400,000	Uso agrícola y ganadero
10	San José	Cajamarca	6,000,000	Uso agrícola y ganadero
11	Chailhuagón	Cajamarca	2,600,000	Uso agrícola y ganadero

Fuente: Elaboración propia.

Manejo de aguas en actividades mineras

Como parte de la política y gestión ambiental, frente a la escasez del recurso hídrico y la creciente demanda en los diversos sectores productivos y usuarios en la cuenca donde se ubican las empresas mineras, éstas vienen implementando mecanismos que contribuyan a la disminución del consumo de agua fresca, el uso eficiente del recurso y el manejo responsable de los acuíferos y ecosistemas a partir de los cuales se abastecen para sus procesos productivos.

La actividad minera genera volúmenes significativos del líquido en sus operaciones que demandan un manejo al interior de la mina, dado que estas aguas entran en contacto con los cuerpos situados en la cuenca. En los últimos años, la producción minera, no sólo por la concurrencia con otros usos que demandan mayores cantidades de agua, ha tenido que optimizar los niveles de consumo, sino por la eficiencia en el manejo de las aguas generadas, propias de la producción minera y cumplimiento de responsabilidades ambientales.

Los estudios ambientales contienen el diseño de las operaciones mineras del que forman parte un conjunto de componentes que están vinculados a la generación de estas aguas, las cuales deben ser debidamente encausadas y tratadas antes de su contacto con el medio ambiente. En el caso de las minas de tajo abierto, por las actividades que suelen realizarse (perforación, voladura, regado de vías, carguío de mineral) se generan aguas ácidas por el contacto de las aguas de precipitación y los

contenidos metálicos expuestos. Lo mismo sucede con componentes formados con el material de contenido no valioso de mineral, denominado material estéril que en su conjunto forman el depósito de material estéril (DME) y el depósito de material orgánico (DMO) formado con las primeras capas de suelo orgánico que son acumulados para los procesos de revegetación de áreas disturbadas y que se usan en los planes de cierre de la mina.

Los procesos de recirculación,[3] constituyen en la actividad minera uno de los mecanismos de uso eficiente del recurso hídrico, sobre todo en contextos donde concurren demandas de otros usos y existen niveles de escasez del recurso. Es conocido que los procesos metalúrgicos por flotación son los que requieren mayores volúmenes de agua fresca, con rangos que puede variar entre 1.5 y 3m³/ton de mineral tratado, y cuyos volúmenes de recirculación también son mayores. En los casos de procesos de recuperación hidrometalúrgica los niveles de consumo de agua fresca suelen ser menores y los circuitos de recirculación más eficientes, con rangos de 80 a 85% de recirculación como buena práctica.

En materia de calidad del agua, es importante señalar que los proyectos mineros poseen en sus estudios de impacto ambiental (EIA), requisito previo para el funcionamiento de las operaciones mineras, las caracterizaciones de las aguas que son generadas en los procesos minero-metalúrgicos, los sistemas de tratamientos necesarios, como se aprecia en la Figura 3, para asegurar la calidad de las aguas de modo que no afecten negativamente el medio ambiente, específicamente, los cuerpos naturales de agua. En cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en el Perú, la industria minera está obligada a cumplir con los límites máximos permisibles[4] (LMP), y es fiscalizada en este orden, para el caso de la generación de efluentes producto de los procesos industriales antes de ser emitidos a un cuerpo receptor.

[3] El concepto de recirculación comprende la noción de consumo de agua fresca, entendida como la cantidad de agua fresca necesaria para procesar una tonelada de mineral o para obtener 1kg de mineral fino o 1oz de oro, según se trate. El consumo de agua total comprende el agua total necesaria para mantener el régimen productivo, de donde se entiende que la tasa de recirculación es el porcentaje producto de la diferencia (agua total-agua fresca/agua total*100). En general, los requerimientos de agua fresca suelen ser menores a la totalidad de uso en las diferentes etapas del proceso productivo minero, tomando en cuenta que los excedentes de agua de una etapa pueden ser transformados en fuente de abastecimiento de otra etapa, previas consideraciones de cumplimiento normativo ambiental respecto a la cantidad, calidad, o a factores que tienen que ver con la distancia y características de la conducción del recurso y la relación costo-beneficio de su reuso.

[4] De acuerdo al D.S. N° 010-2010-MINAM, el límite máximo permisible (LMP) es la medida de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental.

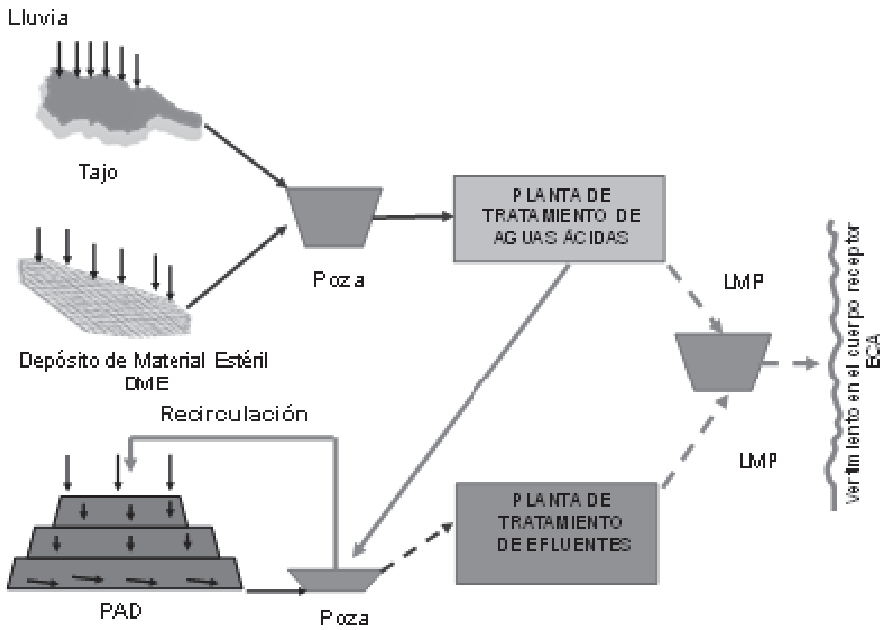


Figura 3. Manejo del agua en la actividad minera.

Del mismo modo, tanto la caracterización de las fuentes naturales de agua que se ubican en la huella del proyecto minero y que forman parte de la línea base ambiental, así como el monitoreo permanente de la calidad de las aguas, constituyen la exigencia ambiental para el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para agua[5] (ECA-agua).

Destacamos los aspectos generativos de aguas al interior de la mina, si bien el concepto de manejo de cuencas (*watershed management*) dista del ordenamiento ambiental que tienen las operaciones mineras, presenta tales semejanzas en un área de influencia, que generalmente es una microcuenca y tiene sus impactos en la cuenca mayor. A lo mencionado anteriormente, las áreas de influencia comportan además procesos de forestación y reforestación como formas de generar ecosistemas que contribuyan con el ciclo hidrológico, convirtiendo los suelos en especies de esponjas de agua que regulan las descargas y cuyos objetivos están orientados a

[5] El D.S. N° 002-2008-MINAM, establece que los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA-agua) establecen el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físico, químicos, biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas y el ambiente.

contar a la cuenca como captadora de agua para diferentes fines, reducir el impacto de la escorrentía y proteger áreas vulnerables susceptibles de deslizamientos.

Organizaciones de gestión del agua por cuencas

En el enfoque de gestión integrada de recursos hídricos, las cuencas constituyen las unidades territoriales adecuadas para la gestión del agua. Como señala Dourojeanni,

> …son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que captan y concentran la oferta del agua que proviene de las precipitaciones. Además de esta condición física y biológica básica, cabe mencionar por lo menos las siguientes razones que explican este hecho. La principal es que las características físicas del agua generan un grado extremadamente alto, y en muchos casos imprevisible, de interrelación e interdependencia (externalidades o efectos externos) entre los usos y usuarios de agua en una cuenca. Las aguas superficiales y subterráneas, sobre todo ríos, lagos y fuentes subterráneas, así como las cuencas de captación, las zonas de recarga, los lugares de extracción de agua, las obras hidráulicas y los puntos de evacuación de aguas servidas, incluidas las franjas costeras, forman, con relación a una cuenca, un sistema integrado e interconectado (2002:8).

Esta interrelación e interdependencia entre los usos y los usuarios requieren de dos niveles de gestión: una organización de recursos hídricos de cuenca que reúna a los representantes de los principales actores y usuarios del agua y un organismo de recursos hídricos de cuenca que de soporte técnico a las decisiones de la organización. En el caso del Perú, de acuerdo a la Ley de Recursos Hídricos aprobada en el año 2009 (Ley N° 29338), esta organización de gestión se denomina Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC)[6] y el organismo de gestión, Secretaría Técnica.

La representación de los diversos usuarios del agua en la cuenca, del Estado, comunidades y sociedad civil en este espacio de coordinación, concertación y de planificación de los recursos hídricos, tiene una configuración reglamentada, cuya conformación sigue un proceso eleccionario para los casos de los usuarios que son titulares de derechos de uso de agua y de designación para la representación estatal.

[6] El Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca es un órgano de naturaleza permanente, integrante de la Autoridad Nacional del Agua, creado mediante el Decreto Supremo N° 008-2011-AG, refrendado por el presidente del Consejo de Ministros y el ministro de Agricultura a iniciativa de los gobiernos regionales, pudiendo ser regional o interregional. La finalidad del Consejo de Recursos Hídricos es lograr la participación activa y permanente de los gobiernos regionales, gobiernos locales, sociedad civil, organizaciones de usuarios de agua, comunidades campesinas, comunidades nativas y demás integrantes del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos que intervienen en la cuenca, con el objeto de participar en la planificación, coordinación y concertación para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en sus respectivos ámbitos, mediante el Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca.

La conformación del CRHC implica una representación por región presente en la cuenca (véase Figura 4).

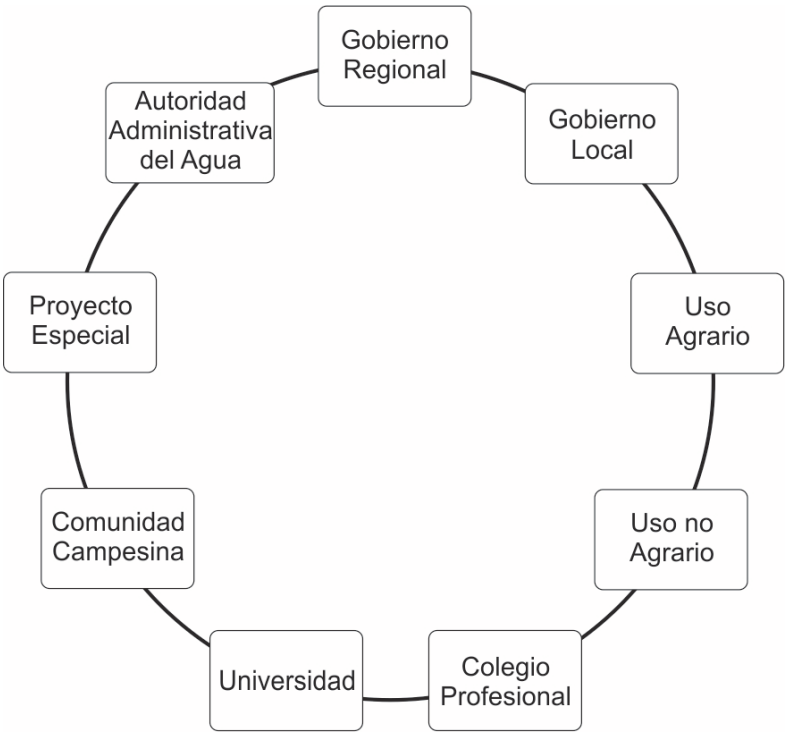


Figura 4. Representantes del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca.

Las experiencias recientes de creación de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC) en el Perú abarcan las cuencas del Chira Piura, Chancay-Lambayeque, Chancay Huaral, Chili y Tumbes, que han sido promovidas por la Autoridad Nacional del Agua y creadas a propuesta de los gobiernos regionales ubicados en estas cuencas. En un primer tiempo los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca han venido funcionando orientados a elaborar los planes de gestión de recursos hídricos y evaluar la calidad de los recursos hídricos en los ámbitos de sus cuencas respectivas, y con el apoyo técnico y financiero de la cooperación multilateral (Banco Mundial —BM, Banco Interamericano de Desarrollo —BID), y muy recientemente cuentan con sus secretarías técnicas[7] respectivas.

[7] Según el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, en su artículo 30 y 31, señala que la Secretaría Técnica desarrolla y ejecuta las labores técnicas que permiten el adecuado funcionamiento del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca. Está a cargo de un Secretario Técnico designado por concurso

Estos procesos de gestión del agua por cuencas tienen un pilar importante en estas organizaciones pero requieren aún ser cimentadas sobre la base de un conocimiento directo de la realidad de la cuenca, de un reconocimiento del carácter multisectorial que tiene la gestión del agua y de los diversos usos y usuarios de este recurso. En ese sentido, la participación de las empresas mineras en la representación de los usos "no agrarios", si bien aún es poca como pocos son los consejos creados, éstas procuran que sus instituciones sean reconocidas como un actor relevante en los procesos de concertación y decisión respecto a la definición de los diagnósticos y propuestas de aprovechamiento sostenible del agua en la cuenca. Al mismo tiempo, para las mismas empresas, su participación les ha permitido incorporar en sus políticas y objetivos socio-ambientales y de operaciones, la visión integrada de la cuenca, aportar a ésta en términos de calidad y cantidad de agua y proyectar sus propias actividades en el conjunto de los procesos de ordenamiento del territorio y de gestión del agua. En suma, generar más confianza para sus propias actividades.

La participación del uso minero en los CRHC creados en el Perú, se da en los casos de la cuenca Chili en Arequipa y de la cuenca Chancay-Lambayeque, en Cajamarca y Lambayeque. Para el efecto del análisis nos remitiremos a este último caso con el propósito de establecer algunos criterios de lectura que nos permitan comprender estos procesos en gestación.

La cuenca hidrográfica del río Chancay-Lambayeque (Figura 5) está ubicada en la costa norte del Perú y constituye una de las cuencas más importantes de la vertiente de Pacífico. Geográficamente, se encuentra ubicada entre los paralelos 06° 21' 12" y 06° 57' 09" latitud Sur, y 80° 10' 39" y 78° 32' 17" longitud Oeste. Políticamente abarca parte de las regiones de Lambayeque y Cajamarca. En cuanto a la región de Lambayeque, abarca parte de sus tres provincias (Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe) y en el caso de Cajamarca cuatro de sus provincias (Chota, Santa Cruz, San Miguel y Hualgayoc).

La conformación del CRHC Chancay-Lambayeque, de carácter interregional por abarcar geográficamente las regiones de Lambayeque y Cajamarca, se fundamenta en los "Lineamientos generales para la creación de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca", emitidos por la Autoridad Nacional del Agua en 2011, en el cual se señala los criterios que orientan la conformación y creación de consejos de recursos hídricos de cuencas, de acuerdo al siguiente proceso:

público de méritos convocado por la Jefatura de la Autoridad Nacional del Agua, conforme a Ley. La secretaría técnica ejercerá, con conocimiento del Presidente y dando cuenta al Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca, las funciones señaladas en los literales f), g), h) e i) del artículo 31 del Reglamento (como hacer cumplir el Plan de Gestión, emitir opinión, instruir procedimientos administrativos de reuso, vigilancia y monitoreo de calidad del agua).

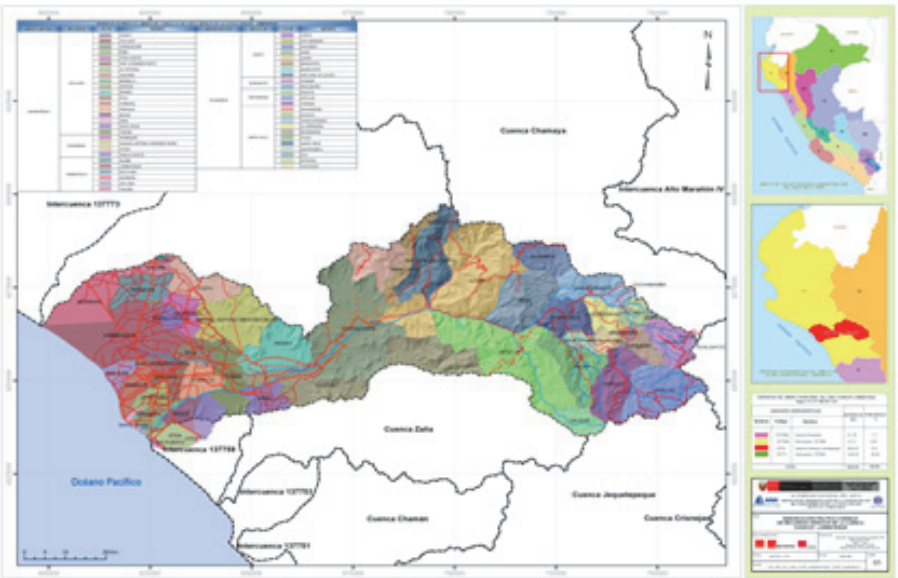


Figura 5. Cuenca Chancay Lambayeque.
Fuente: PMGRH-ANA, 2013.

- Preparación y coordinación interinstitucional
- Caracterización general de la cuenca e identificación de actores
- Conformación y acreditación de representantes
- Preparación del expediente de creación

A iniciativa de los gobiernos regionales de Lambayeque y Cajamarca se creó el CRHC de la cuenca Chancay-Lambayeque, mediante Decreto Supremo N° 008-2011-AG el 9 de julio del año 2011, instalándose el 25 de julio del 2011 en la ciudad de Cajamarca. Este Consejo está conformado por 16 representantes de 16 instituciones y es presidido actualmente por el representante del gobierno regional de Lambayeque. En el caso de la representación de los "usuarios no agrarios" de la región Cajamarca, fue elegido el representante del sector minero entre los usuarios piscícolas, poblacional y energético. Actualmente, el CRHC Chancay-Lambayeque ha validado el Plan de Gestión de Recursos Hídricos[8] de la cuenca con

[8] Los planes de gestión de recursos hídricos en la cuenca tienen por finalidad alcanzar el uso sostenible de los recursos hídricos, así como, el incremento de las disponibilidades para lograr la satisfacción de las demandas de agua en cantidad, calidad y oportunidad, en el corto, mediano y largo plazo; en armonía con el desarrollo nacional, regional y local, articulando y compatibilizado su gestión con las políticas económicas, sociales y ambientales (Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338).

la participación de todos los usuarios y grupos de interés de la cuenca que están involucrados en la gestión del agua.

A partir de la creación y funcionamiento del CRHC Chancay-Lambayeque y la participación del sector minero en este tipo de procesos destacamos lo siguiente:

- La experiencia de los procesos de participación y representación en la cuenca a través de organizaciones de gestión es nuevo comparativamente con los procesos seguidos en otros países del continente como México y Brasil.
- La institucionalidad de este tipo de organizaciones aún requiere ser cimentada sobre la base del reconocimiento de la multisectorialidad y diversidad de usuarios que deben tener una responsabilidad compartida en la cuenca.
- La representación de los "usuarios no agrarios" en el Consejo que engloba al sector minero, energético, poblacional, piscícola, entre otros, tiende a diluirse o limitar las capacidades de participación y de representación de cada estamento, dado que los intereses son totalmente diferentes.
- La gestión del agua es un proceso institucional, técnico y social al mismo tiempo, lo cual requiere que el CRHC alcance una base amplia de participación informada, y cuente con los soportes técnicos y financieros que le permita cumplir sus funciones normadas. En ese sentido, no contar con el diseño y funcionamiento de la Secretaría Técnica aún sigue siendo una limitante para que el CRHC cumpla eficientemente su labor. La necesidad de contar con los instrumentos de gestión para el funcionamiento del CRHC dependen no sólo de la propia organización de cuenca sino también de la autoridad que los promueve, facilita y aprueba. En ese sentido, desde la experiencia del CRHC Chancay-Lambayeque, y en general en todos los consejos creados en el Perú, el consejo puede terminar convirtiéndose en una organización más sin los soportes que permitan desarrollar su rol y funciones.
- El rol de coordinación, concertación y de planificación que tiene el CRHC implica que los consejeros ganen en una visión de cuenca sobre la base del conocimiento directo de su territorio e internalicen este rol frente a las necesidades de afirmación de los espacios de gobernabilidad en torno a los recursos hídricos en la cuenca.
- La legitimación tanto de la organización de cuenca como del proceso que emprende debe equilibrar su sentido de autoridad en la cuenca con su capacidad para generar una visión de cuenca e interacciones con los diversos usuarios y actores sobre la base de una relación que promueva el reconocimiento y la participación de todos en la gestión de la cuenca en todas sus dimensiones (económica, productiva, ambiental, social, etc.). En el caso del CRHC Chancay-Lambayeque aún está en proceso la consolidación de esta legitimidad.

- Los procesos de trabajo interinstitucional y de fortalecimiento de capacidades han sido importantes los primeros años de funcionamiento de los CRHC y requieren seguir profundizándose. En esta línea el aporte de la actividad minera, en forma coordinada, para difundir y educar en materia de aguas, sus propias intervenciones a favor de la cuenca y las intervenciones de otros actores de modo que se generen espacios de aprendizaje e intercambio, que logren al mismo tiempo, construir confianza y una simbólica en torno a la cuenca.
- La actividad minera y su correspondiente representación en la cuenca si bien muestra una política de "puertas abiertas" de sus operaciones, está llamada a tener una actuación más proactiva desde el Consejo, en términos de dar a conocer su propio funcionamiento y los aportes que realiza en la cuenca.
- La representación de los "usuarios no agrarios" cuando recae en el sector minero debe construir con los usos que representa los mecanismos de comunicación y articulación que canalice los diversos intereses de estos actores de la cuenca.
- La cuenca como realidad territorial e hidrográfica es compleja y requiere niveles de gestión que reconozca e incorpore espacios y mecanismos de gestión a menor escala (microcuencas, subcuencas). En ese sentido, las experiencias de otros países han transitado de la organización de gestión unitaria y centrada al reconocimiento normativo de organizaciones de gestión que se articulan en la cuenca desde sus distintos niveles: alta, media y baja.

Reflexiones finales

La gestión del agua en el Perú requiere de una autoridad técnica y normativa capaz de conducir no sólo los procedimientos administrativos de los derechos de uso de agua, sino también los procesos de gestión integrada de recursos hídricos para que ésta sea no sólo una mención de principio normativo sino una política hídrica nacional, en el que la intervención de todos los usuarios y actores involucrados con una visión de cuenca contribuyan en la conservación, protección y uso eficiente y sostenible del agua.

La actividad minera en los últimos años viene asumiendo un rol proactivo en los procesos de gestión del agua en la cuenca, que van más allá de los manejos de los recursos en las áreas de influencia donde realiza sus operaciones. Ciertamente, toda operación minera que cumple los estándares ambientales contribuye a la gestión del recursos hídrico en la cuenca, como captar y embalsar agua para regular la cuenca en tiempos de estiaje y ponerla al servicio de otros usos, manejar y tratar las aguas producidas en las diferentes etapas de procesamiento de minerales, proteger la calidad de las fuentes naturales de agua, entre otros. En estos aspectos observamos que la minería moderna incorpora recursos y tecnologías que protegen el ambiente.

Pero, ¿esto es suficiente para aportar en la gestión integrada del agua?, seguro que sí. Pero, creemos que la minería puede aportar más.

Que la minería aporte más a la cuenca significa que reconociéndose parte de ella visibilice sus aportes en la cuenca, dando a conocer a los otros usuarios cómo funcionan sus operaciones y cómo éstas procuran no sólo cumplir con las normas ambientales sino también proteger y cuidar el mismo entorno natural. Ser un actor en la cuenca implica para la actividad minera, atreverse a entrar en los espacios donde hay que participar, coordinar, concertar y planificar con el Estado, otros usuarios y actores vinculados a la gestión del agua las acciones y proyectos que contribuyan al aprovechamiento eficiente y sostenible del recurso hídrico.

Ciertamente, la actividad minera posee ventajas comparativas en planificar, diseñar, proyectar, usar eficientemente, optimizar tiempos y recursos, generar y manejar información. Estas cualidades puestas al servicio de la cuenca, articuladas a las responsabilidades que tiene el Estado en materia hídrica, deben contribuir a crear o fortalecer políticas de desarrollo local y regional relacionadas al agua, sino también acciones y proyectos que hagan posible el acceso de la población al agua de calidad, a la generación y mejora de proyectos productivos vinculados al agro o la generación de energía.

Bibliografía

Benavides, R., *La minería responsable y sus aportes al desarrollo del Perú*, Lima, 2012, 74 pp.

Dourojeanni, A., "Los desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y el Caribe", *Revista Desarrollo Local Sostenible*, vol. 3, núm. 8, pp. 1-13, Eumed.net, Málaga, 2010.

Dourojeanni, A., Jouralev A. y Chávez, G., *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*, CEPAL, Santiago de Chile, 2002, 83 pp.

Gobierno Regional de Piura-ANA-GTZ/PDRS, "Conceptos e instrumentos para la gestión integrada de cuencas hidrográficas. La experiencia de la Autoridad Autónoma de Cuenca Hidrográfica Chira-Piura", Folleto 1, Lima, 2009, 24 pp.

Ministerio de Minería de Chile y Consejo Minero, *Uso eficiente de aguas en la industria minera y buenas prácticas*, Santiago de Chile, 2002.

Oficina Nacional de Diálogo y Sostenibilidad, ONDS-PCM, "Informe de diferencias, controversias y conflictos sociales", *Willaqniki*, núm. 11, PCM, Lima, 2013, 62 pp.

Revista Geográfica 154 *julio-diciembre 2013:47-63*

Espacios de uso y acceso a la diversidad biológica del pueblo Machiguenga del bajo Urubamba, Cusco, Perú

Martha Rodríguez Achung*

Abstract

This article analyzes the access to natural resources obtained by household members Machiguenga (Arawak linguistic group) through their hunting and fishing. We present spatial and temporal analysis of the volume of biomass obtained and estimated species diversity (H') that consists in each season and the area from which they were extracted products. We examine the records of the activities, according to the areas of use of three Native Communities of the Lower Urubamba, located in the Amazon region of Cusco in Peru. It presents data for a period of four years, records are 16 families in four times of the year and over four consecutive years between 2008 and 2012, allowing time variations observed in the context of sociocultural changes. The three communities studied are in the area of influence of the Camisea gas megaproject (PGC).

Key words: *indigenous peoples, use spaces, resource access and biodiversity.*

Resumen

En este artículo se analiza el acceso a los recursos naturales obtenidos por miembros de los hogares machiguengas (grupo etnolingüístico Arawac) a través de sus actividades de caza y pesca. Se presentan un análisis espacial y temporal del volumen de biomasa obtenida y se estima la diversidad de especies (H') que la compone en cada estación del año y la zona de donde fueron extraídos los productos. Para ello se analizan los registros de las actividades, de acuerdo a las zonas de uso en tres Comunidades Nativas del bajo Urubamba, ubicadas en la Amazonía de la región del Cusco en Perú. Se presentan datos para un periodo de cuatro años, que

* Doctora en CCSS (Desarrollo, Población, Medioambiente) Universidad Católica de Lovaina, Bélgica. Profesora Principal del Departamento de Ciencias Sociales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, Avda. Universitaria 1801, San Miguel, Lima, correo electrónico: mrodrig@pucp.pe

corresponden a los registros de 16 familias en cuatro momentos del año y a lo largo de cuatro años consecutivos entre el 2008 y el 2012, lo que permite observar variaciones en el tiempo en un contexto de cambios socioculturales. Las tres comunidades estudiadas se encuentran en el área de influencia del megaproyecto del Gas de Camisea (PGC).

Palabras clave: *pueblos indígenas, espacios de uso, acceso a recursos, diversidad de especies*.

Área de estudio: ambiente y sociedad

La investigación se desarrolló en el bajo Urubamba, área de Camisea, ubicada en el distrito de Echarate, provincia de La Convención (región de Cusco, Perú). Es una área de alta diversidad biológica (*hotspost*)[1] y territorio del pueblo originario de origen preandino (*arawac*), mayoritariamente formado por familias y hogares del grupo machiguenga o *matsigenka*, quienes actualmente viven en Comunidades Nativas (CN); forma jurídica administrativa mediante el cual el Estado peruano reconoció desde la década de los setenta del siglo pasado la propiedad comunitaria de sus tierras y el acceso a los recursos del suelo (Ley de Comunidades Nativas y de Desarrollo Agrario de las Regiones de Selva y Ceja de Selva (DL 22175 del 9 de mayo de 1978). Las Comunidades Nativas tienen un núcleo poblacional o centro poblado, con una población promedio de 400 personas (aunque la más grande llega a tener más de 1,000 habitantes). En el área del bajo Urubamba, aguas abajo de nuestra zona de estudio también se encuentra población *yine* o *piro* (CN de Miaría); *ashanikas* y *caquintes*; en la zona oriental y dentro de la Reserva Territorial Kugapakori, Nahua, Nantis y otros (RTKNN); existen actualmente por lo menos tres asentamientos nucleados con estas poblaciones, y otros grupos familiares en contacto inicial y aislamiento ubicados de manera más dispersa.

Si bien el proceso de reconocimiento de derechos territoriales en el Perú data de hace varias décadas, en la mayoría de los espacios las Comunidades Nativas de la amazonia se hicieron sin continuidad (debido a los procesos de ocupación de sus territorios en las coyunturas extractivistas como el *boom* del caucho, del petróleo en la parte norte, etc.), que estuvieron acompañados por corrientes de inmigración demográfica, y serios procesos de deterioro ambiental; de allí que es común en la Amazonía observar territorios indígenas fraccionados, sin embargo en el espacio del bajo Urubamba se observa continuidad territorial en la delimitación de las Comunidades Nativas,[2] rodeadas de un conjunto de importantes áreas de conservación:

[1] El área se encuentra al oriente de la cordillera de Vilcabamba considera por Conservación Internacional (IC) como uno de los 25 corredores del mundo priorizados por su alta biodiversidad, el Fondo Mundial para la Naturaleza World Wildlife Fund (WWF) le incluye como una de las ecorregiones de conservación más importantes a nivel global.

[2] Las Comunidades Nativas (machiguengas) del bajo Urubambas están organizadas en niveles intermedios (Central de Comunidades Nativas Machiguengas —CECONAMA, y del Consejo Machiguenga

al este el Parque Nacional de Manu (con su Zona de Amortiguamiento que coincide con la actual RTKNN), al sur (entre la parte alta y baja del Urubamba) el Santuario Nacional de Megantoni (el lugar sagrado en la cultura machiguenga), al oeste la Reserva Comunal Machiguenga.

Aunque el territorio original machiguenga abarcaba varias cuencas de la Amazonía peruana, hoy día se ha visto reducida debido a la ocupación de sus tierras por población inmigrante andina, particularmente en la parte alta del río Urubamba (el gran río *Eni* para la población machiguenga), este proceso de ocupación andina encontró un obstáculo en la configuración geográfica y el poco desarrollo tecnológico para superar las caídas de agua del Pongo de Mainique, de tal manera que la zona del bajo Urubamba quedó casi aislada del mercado y la sociedad nacional. La ausencia de carreteras de conexión interna y con el resto del país a esta zona, fue una de las condiciones que permitieron la continuidad de la vida y la cultura machiguenga, cuya seguridad alimentaria depende fundamentalmente de los recursos que obtienen del bosque, vinculada a uno de los más ricos espacios de biodiversidad del mundo.

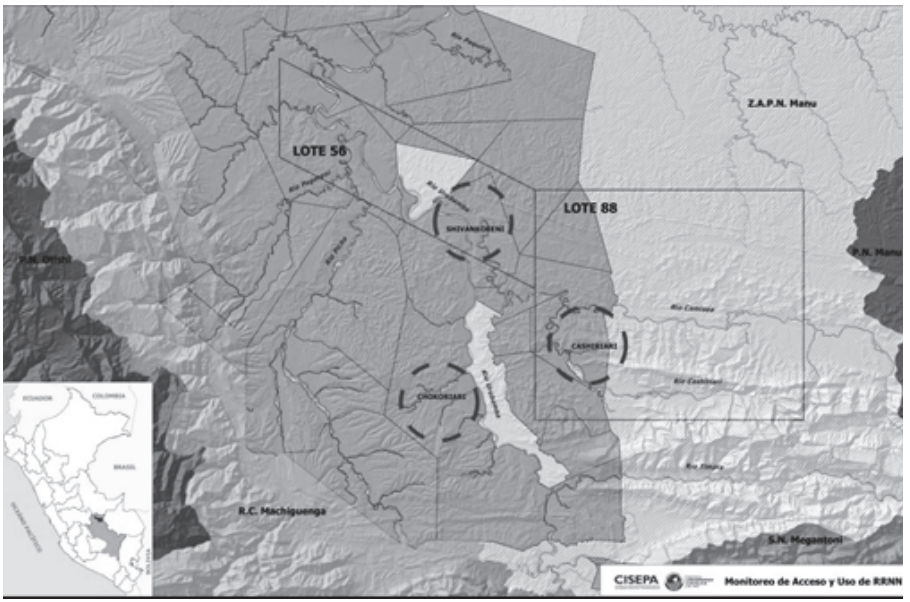


Figura 1. Perú, Cusco: Comunidades Nativas del bajo Urubamba. Área de estudio.

del Río Urubamba —COMARU y estas también tienen representación nacional diferenciada la primera es base de la Confederación de Nacionalidades Amazónicas del Perú (CONAP) y la segunda está vinculada a la Asociación Interétnica de Desarrollo de la Selva Peruana (AIDESEP).

Sobre estos territorios se ubica el Proyecto de Gas de Camisea (PGC), cuenca del río Urubamba (y otros proyectos similares).[3] El área de influencia directa de los diferentes componentes del PGC, (opera desde el año 2000)[4] alcanza a casi todas la CN del bajo Urubamba (desde el río Timpía aguas arriba del Urubamba pero antes del Pongo de Mainique en el distrito de Echarate-Cusco, hasta Sepahua aguas abajo que pertenece a la administración de la provincia de Atalaya, distrito de Sepahua de la región Ucayali, así como las CN que se ubican en los afluentes principales, sumando un total de 15 CN ubicadas en un amplio territorio, todas ellas con población del grupo Arawac y en su mayoría de la familia machiguenga, éstas mantienen vínculos estrechos, tanto para la sobrevivencia física como socio-cultural de sus miembros, con un entorno caracterizado por su alta biodiversidad.

Los estudios sobre la diversidad biológica realizados durante las últimas décadas en el bajo Urubamba dan cuenta de su condición especial, particularmente del área de influencia del PGC, en particular los resultados del Programa de Monitoreo y Evaluación de la biodiversidad realizada por el Smitsonian Institute entre 1996 y 1999, en el contexto de las exploraciones realizadas por la Cía. Shell (cuyos resultados han sido editados por Dallmeier y Alonso en la serie *SI/MAB Series* entre 1999 y 2001), y posteriormente el Programa de Monitoreo de Biodiversidad de Camisea (PMB) a partir del año 2005, en el contexto del actual PGC. Los reportes señalan el registro en el área de Camisea de "…más de 1,000 especies de artrópodos…, 23% de los anfibios y el 22% de los reptiles reportados para todo el país". Así como un número importante de mamíferos, "se confirmó la existencia de 147 especies, lo que representa el 70% de las especies potencialmente presentes en el área… los mamíferos terrestres prevalecen ampliamente sobre los acuáticos… entre las aves se identificaron aproximadamente 550 especies" (Soave *et al.*, editores, 2009:15). Para los sistemas acuáticos, se señala que el área "…se registraron más de 110 especies de peces…" (*ibidem*:18).

[3] Operan en el área en lotes de demarcación continua, el Consorcio Camisea (Hunt Oil Company of Peru L.L.C., Sucursal del Perú-SK Energy, Sucursal Peruana-Tecpetrol del Perú, Sucursal del Perú-Repsol Exploración Perú, Sucursal del Perú-Sonatrach Perú Corporation SAC) en los lotes 88 (margen derecha del río Urubamba y con un área importante sobrepuesto a la actual RTKNN), y 56 (cubre margen derecha e izquierda); Repsol en el lote 57 (margen izquierda del mismo río y hasta el río Tambo) y Petrobras en el lote 58 (margen izquierda del Urubamba). El que actualmente tiene más desarrollo es el PGC del Consorcio mencionado, con varias plataformas en territorio de las comunidades indígenas y dos dentro de la RTKNN, conductos que conectan a la planta de Malvinas (margen derecha del rio), así como el gasoducto que parte de aquí hacia la costa peruana, atravesando el territorio de varias comunidades nativas del alto y bajo Urubamba, y comunidades campesina alto-andinas y de la costa.

[4] El área del bajo Urubamba no ha sido ajena a intervenciones de exploración anteriores. En el primer quinquenio de la década de los años ochenta del siglo pasado la Cía. Shell tuvo una primera etapa, y en el segundo quinquenio de los años noventa una segunda intervención, en ese momento también exploró en la zona la Cía. Chevrón.

Problema socio-ambiental

Vincular ambas dimensiones, lo ambiental y lo social, requiere de un enfoque y una estrategia de análisis que permita dar cuenta tanto de los cambios en la oferta ambiental como en la demanda social local sobre los recursos habituales para la reproducción de su cultura y de la vida misma de estas poblaciones y de los espacios de uso para acceder a dicha oferta. En este trabajo ubicamos el análisis en los productos obtenidos del bosque y sus territorios en la dinámica de la vida cotidiana de las familias y las comunidades machiguengas del área, es decir en el espacio social que permite tanto el uso como el acceso a los recursos naturales, así como la reproducción de la vida social. Por ello, se privilegia la acción (actividades de caza y pesca) y sus resultados a lo largo de cuatro años (medido por las variaciones de la biomasa y la diversidad de especies obtenida), poniendo énfasis en las variaciones encontradas en los espacios de uso donde desarrollan las actividades señaladas y las variaciones en acceso a la diversidad en cada una de ellas.

Metodología[5]

El diseño de la investigación tiene elementos de los estudio tipo panel (registro de las actividades de los miembros de los hogares), y corte longitudinal (diferentes momentos dentro del año y durante varios años consecutivos), y ha privilegiado la participación directa de la población local (autorizada por la asamblea comunal y la libre e informada participación de las familias registrando directamente sus actividades, con el apoyo del equipo de investigación en campo).[6]
La investigación se realizó en:

I El río Urubamba: CN Chokoriari-Ticumpinía (área de influencia indirecta del Lote 88, 56 y del gasoducto (Planta Malvinas-Costa). Se ubica en la orilla del río principal, y frente a la Planta de Malvinas, por lo que presenta mayor influencia derivada del transporte fluvial (netamente de aquella relacionada al Proyecto del Gas de Camisea), y por tener en la parte sur de su territorio el paso del gasoducto que parte de Malvinas hacia la costa. Población total 324 per-

[5] La investigación realizada cubre otras dimensiones de la vida y la cultura de este pueblo, así como también incluye registros respecto a otros elementos de las actividades de la caza, pesca y recolección de los miembros de los hogares. Un desarrollo extenso y detallado de la metodología completa de la investigación Monitoreo de uso de recursos naturales en Comunidades Nativas del bajo Urubamba, será publicado próximamente.

[6] Mi agradecimiento a todas las familias y autoridades de las Comunidades Nativas de Cashiriari, Shivankoreni y Chokoriari por su participación en la investigación. Así mismo, a Cynthia del Castillo Tafur y Diego Gamarra asistentes de investigación durante todos estos años.

sonas (48% hombres).[7] La extensión total de su territorio es de aproximadamente 17,186has.

II El río Camisea: CN Shivankoreni. Área de influencia directa del Lote 56, en su territorio se ubican dos plataformas y los pozos Pagoreni, así como ductos de conexión a la Planta Malvinas. Población total 346 (53% hombres). Cuenta con una extensión de 27,955has.

III El río Cashiriari: CN Cashiriari, tiene en su territorio[8] los desarrollos de ductos de conexión, es la comunidad más alejada y está muy próxima a la Reserva Territorial Kugapakori, Nahua, Nantis y otros (RTKNN), así como por la disposición mostrada por sus autoridades y familias para participar en la investigación (Lote 88, pozo Cashiriari y ductos de conexión a la Planta de Malvinas). Población total 209 personas (53% hombres). El territorio comunal es de 13,259has aproximadamente.

Tabla 1
Número de miembros de los hogares participantes 2008-20012

	Número de miembros de los hogares (2008-2012)							
	Número de miembros totales				*Número de miembros de 6 años a más*			
	Año I	*Año II*	*Año III*	*Año IV*	*Año I*	*Año II*	*Año III*	*Año IV*
CN Chokoriari	40	41	49	44	30	33	39	37
CN Shivankoreni	34	35	36	46	28	29	28	38
CN Cashiriari	33	37	36	38	23	30	28	32
Total	**107**	**113**	**121**	**128**	**81**	**92**	**95**	**107**

El diseño consideró un pre-análisis de los tipos de hogares existentes en las comunidades, tomando como variable principal el ciclo de vida familiar (joven, intermedio, adulto para cada categoría de hogar: nuclear, extenso y monoparental).

La información fue registrada para cada uno de los miembros de los hogares de seis años a más, en cuatro momentos del año (considerando las variaciones climáticas y la presencia de las familias en el centro poblado) a lo largo de cuatro años consecutivos, desde agosto del 2008 hasta mayo del 2012 (véase Tabla 1). Si bien la investigación contempla variados aspectos de las actividades de caza, pesca y recolección, para los hogares de cada Comunidad Nativa, en este artículo analizaremos

[7] Los datos de la población de cada comunidad corresponden a los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda (INEI) 2007 y los datos de la extensión de sus territorios a la información obtenida en campo.

[8] También existe en su territorio una plataforma o locación Cashiriari 1 en donde aún el PGC no ha iniciado actividades de explotación.

las dos primeras actividades a nivel agregado para las tres comunidades, en relación al uso de los espacios (distribución de la biomasa obtenida en cada una de ellas) y acceso a la diversidad de recursos (estimamos el Índice de Diversidad de Especies H'[9]) para dar cuenta de la diversidad de la "canasta de recursos" es decir de lo obtenido mediante la actividad cotidiana de los miembros de los hogares.

La caza: espacios de uso y acceso a la diversidad

La caza, actividad netamente masculina, garantiza la ingesta de proteínas de "carne del monte",[10] alimento muy preciado por los machiguengas. Esta actividad es el medio privilegiado a través del cual el padre transfiere conocimientos sobre el bosque, su territorio, la producción de utensilios y su uso, a las nuevas generaciones, aportando a la construcción de la identidad de los niños y jóvenes varones, proceso que socialmente se da a través de la transmisión de la "herencia social". El varón se hace a través de un proceso de "aprender haciendo", lo que le permite adquirir un conjunto de destrezas psicomotoras y culturales.

Espacios de uso

Son los lugares donde la población machiguenga realiza sus actividades de subsistencia (caza, pesca y recolección). La mayor cantidad de lugares de uso está referida a las quebradas y a varios puntos a lo largo de los ríos principales. Los cuerpos de agua son fundamentales para estas poblaciones, tanto los ríos principales como las quebradas son importantes fuente de recursos ictiológicos para su seguridad alimentaria, así como vías que permiten llegar a lugares estratégicos de caza en el monte (monte de la comunidad), por ejemplo las colpas. En general la población realiza sus actividades de caza dentro del territorio de su propia comunidad.

El acceso y usufructo de los recursos esta también regido por normas, el bosque y sus colpas, así como los ríos y quebradas son bienes colectivos o comunes, a los cuales acceden los machiguengas sin permiso previo. Sin embargo, en el caso del espacio intervenido (chacras o zonas de cultivo y el área inmediata a ellas, pues se asume que todo esto tiene una pertenencia) se considera que existen derechos de uso y de usufructo particular de quienes la trabajan. Si otro comunero/a necesita pasar por este tipo de espacio para acceder al bosque tiene que pedir permiso o "avisar" que pasará por allí, lo mismo para cuando se trata de obtener recursos en particular forestales, como palmeras o árboles en el entorno de la chacra o monte de

[9] Para medir la diversidad en este estudio se ha empleado el Índice de Shannon-Wiener. El índice de Shannon fue utilizado en un inicio para determinar la incertidumbre del valor calculado esperado dentro de la teoría de la información. Luego fue adaptado para ser utilizado ampliamente en la ecología y ciencias afines para medir la diversidad de un ecosistema.

[10] Denominación genérica que abarca a todas las especies de la fauna silvestre destinadas a la alimentación y obtenidas mediante la actividad de la cacería.

la chacra. No sucede lo mismo si se trata de animales (terrestres o acuáticos), éstos no tienen pertenencia antes de ser obtenidos.

Zonas de caza

Tomando como criterio la distancia, el acceso, el grado de intervención del bosque y la forma de denominación propia que la población le otorga, hemos agrupado la diversidad de puntos de acceso a los recursos de la fauna terrestre en dos grandes espacios (véase Figura 2):

- Monte: es el gran espacio poco intervenido, de acceso común, en ella se ubican diversos puntos privilegiados para la cacería, como las colpas y quebradas, la población toma como referencia de sus lugares privilegiados para esta actividad algún punto del río principal. En este espacio es donde las poblaciones de las comunidades obtienen el mayor volumen de biomasa proveniente de la actividad de la cacería, tal como se puede observar en la Figura 2. Las especies obtenidas en este espacio son por lo general mamíferos grandes como mániro/venado colorado (*Mazama americana*); iveto/ronsoco (*Hydrochaeris hydrochaeris*), medianos (Etini/esp. de armadillo, quirquincho, carachupa (*Dasypus novemcinctus*)) y primates (pitoni/monito musmuki (*Aotus nigriceps*)); yaniri/mono coto (*Aloualta seniculus*); togari/mono tocón (*Callicebus brunneus*), aparecen de manera recurrente en los registros de cacería.

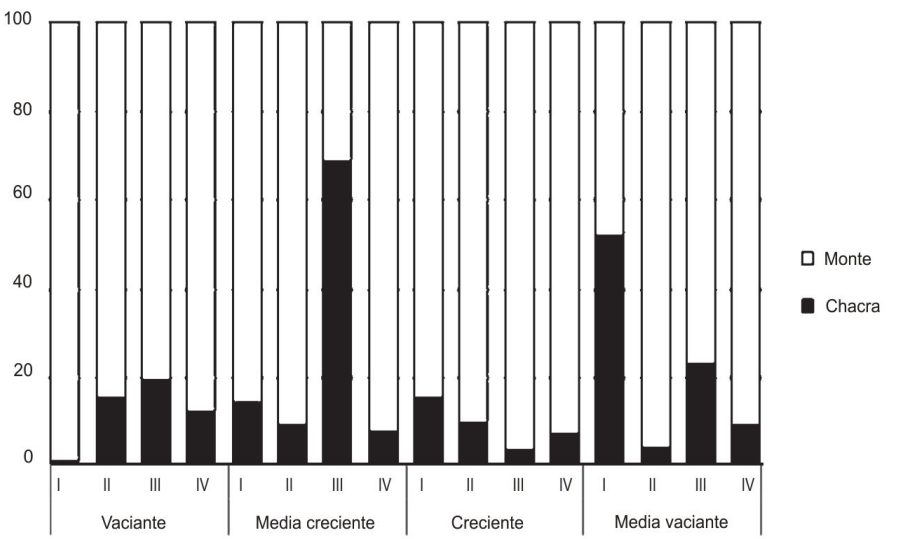


Figura 2. Caza: biomasa obtenida (%) por espacio de uso y época del año.

- Chacra: es el espacio intervenido (agricultura migratoria de roza y quema), es de acceso familiar, incluye también el monte de la chacra o el perímetro de ésta, así como la caza dentro del centro poblado (realizado fundamentalmente por los niños y adolescentes con el uso de hondas o "baladoras" para cazar aves o pajaritos). Los machiguengas construyen sus viviendas cerca a las áreas cultivadas, ya sea que tengan una vivienda en el centro poblado o la chacra se encuentre alejada, en este último caso es muy frecuente que la familia entera se traslade a ella en la época de vacaciones escolares, o los fines de semana, así como recurrir con relativa frecuencia para las tareas de horticultura y agrícolas. Su acceso al espacio es relativamente fácil para los miembros de la familia. Los datos agregados para las tres comunidades muestra que solo en un momento (media creciente del año III) el volumen (peso) obtenido en este espacio superó al del monte.

  En este espacio "se espera" que el animal se acerque a él, por lo general lo hace en busca de alimento (yuca), en caso del monte, el cazador va en busca de la presa (a los sitios estratégicos). La especie más cazada y que aporta el mayor volumen es el majaz (samani/majáz (*Agouti paca*)), como roedor tiende a acercarse a los cultivos machiguengas y donde fácilmente es cazado por la población. Sin embargo, este espacio también reporta el mayor número de especies cazadas, incluyendo aves pequeñas, aunque su aporte al volumen (peso) es poco significativo.

Acceso a la diversidad de especies

Los resultados de nuestra investigación, indican un total de 109 especies obtenidas por los miembros de los hogares de las tres comunidades mediante la caza, durante los cuatro años de registro. Los mamíferos representan el mayor volumen obtenido, aunque se dan dos momentos en el que la biomasa de aves lo supera, pero esto se debe a la poca caza de mamíferos ya sea por su número o su tamaño; también se registra especies de reptiles pero con menor significancia respecto al total, lo que también se refleja cuando se analiza la diversidad de especies obtenidas en cada uno de los espacios usados.

La Tabla 2, muestra el Índice H' de las especies obtenidas mediante la caza en cada zona de uso en cada época o estación y en cada año por los miembros de los hogares de las tres comunidades. Los valores van de 00 (espacio de monte, vaciante del año III) hasta 3.15 (espacio de la chacra en la vaciante del primer año de registro).

De manera recurrente y constante la diversidad obtenida es siempre más alta en el espacio de la chacra que en el monte, en esta última normalmente se cazan mamíferos grandes y aves de tamaño regular como el sankati/pucacunga (*Penelope jac-*

quacu), mientras en la primera se encuentra una gama mayor de especies pero de tamaño pequeño y poco rendimiento en peso.

Tabla 2
Caza, Índice de Diversidad de Especies (H') de acuerdo a la estación, año y por espacio de uso

Año	*I*				*II*				*III*				*IV*			
Época	*V*	*MC*	*C*	*MV*	*V*	*MC*	*C*	*MV*	*V*	*MC*	*C*	*MV*	*V*	*MC*	*C*	*MV*
Chacra	3.15	2.97	2.48	2.71	2.86	1.54	2.96	2.93	2.55	1.39	3.04	2.22	2.82	2.14	2.65	2.10
Monte	1.10	0.67	1.70	2.15	2.03	1.01	1.91	1.61	0.00	1.04	1.39	1.47	1.39	0.41	1.56	1.58

V = Vaciante, MC = Media Creciente, C = creciente, MV = MV

Si bien se observa un decrecimiento en el acceso a la diversidad de especies a lo largo de los tres primeros años, el año IV muestra un ligero incremento en el acceso a la variedad de especies, particularmente en el espacio del monte, con excepción de la media creciente, así mismo el índice del espacio de la chacra tiende elevarse en la vaciante y la media creciente de dicho año.

Si se estima el H' para cada Comunidad Nativa y agregando los datos por año, el índice se eleva, lo que mostraría que a lo largo del año, los hogares machiguengas acceden a una variada gama de especies de la fauna silvestre (véase Tabla 3).

Tabla 3
Caza, Índice de Diversidad (H') por año y Comunidad Nativa

Año	*I*	*II*	*III*	*IV*
CN Chokoriari	3.5	3.44	3.07	3.12
CN Shivankoreni	3.38	3.28	2.81	2.79
CN Cashiriari	3.34	1.8	3.01	3.06

El H' por comunidad muestra también que los hogares de la comunidad de Chokoriari, tiende a acceder a mayor diversidad de especies de fauna silvestre a lo largo del año, aunque los valores encontrados en la producción obtenida por los miembros varones de los hogares de Shivankoreni y Cashiriari también son significativos por su diversidad, con excepción del año II en Cashiriari, oscilando por encima del valor medio de H' (donde 0 indica la ausencia de diversidad, se estima que cinco representa una alta diversidad de especies).

La pesca: espacios de uso y acceso a la diversidad de especies

La pesca es una actividad esencial y de vital importancia en las sociedades originarias amazónicas. Es realizada regularmente, por todos los miembros de los hogares machiguengas sin exclusión de sexo ni edad (aunque es a partir de los seis años que empiezan a aprender y adquirir las destrezas del arte de pescar), creando un espacio de socialización al formar parte fundamental de la vida cotidiana, tanto porque puede ser realizada como una actividad familiar (a veces, con la familia extensa) como comunitaria (particularmente en épocas de vaciante y de festividades colectivas). Es la actividad que provee de manera continua la dotación de proteínas a la dieta alimentaria, por ello los cuerpos de agua son espacios vitales para la supervivencia de la población local.

Zonas de pesca

En general, los miembros de las comunidades hacen uso de varias zonas de captura de recursos ictiológicos, entre ríos y quebradas, consideradas de uso común. Durante los cuatro años de investigación, en Cashiriari se utilizaron 38 zonas; en Shivankoreni, 39; en Chokoriari, 46. Dos de las zonas utilizadas en cada comunidad son ríos, el resto son quebradas y en dos casos manantiales (Chokoriari) y cochas (Shivankoreni). La especie shima/boquichico (*Prochilodus nigricans*) es la que tiene un registro constante de captura como la especie de mayor aporte en peso en dos de las comunidades (Cashirirari y Chokorirari), alcanzando hasta la mitad del volumen total obtenido; mientras que el korio/bagre-cunchi (*Pimelodus blochii*) es la segunda en importancia en relación al peso; los registros de la comunidad de Shivankoreni muestran los valores invertidos para ambas especies.

Si bien los cuerpos de agua, en particular las quebradas, son considerados como de propiedad común y libre acceso, los ríos forman parte del bien público y de libre navegación, existen algunas normas en cuanto a su uso, por ejemplo si una persona o familia, va a cerrar la quebrada o echar barbasco para pescar, debe avisar a las familias que tienen viviendas en la parte baja, en tanto pueden ser afectadas, principalmente si usan el agua para consumo humano, en las horas inmediatas del depósito del veneno (barbasco) en el agua.

Se diferencian dos espacios claramente definidos para esta actividad:

- Río: en este cuerpo de agua existen varios lugares donde los miembros de las comunidades realizan la actividad de pesca, en general son el puerto principal (punto fluvial "oficial" de acceso al centro poblado); el puerto familiar (cuando las viviendas se encuentran al borde o muy próxima a la orilla del río, la familia tiene su "propio puerto"); pozos, islas y varaderos (lugares específicos en el río denominados así por ser espacios que facilitan la pesca). En el caso del presente

estudio son el río Urubamba para la CN Chokoriari; el río Camisea y el río Urubamba para la CN Shivankoreni, el río Cashiriari y eventualmente el río Camisea para las familias de la CN Cashiriari. El río es el lugar privilegiado para la realización de la actividad de pesca, fundamentalmente para las comunidades que están a la orilla de ríos menores en tanto les resulta más fácil esperar allí el fenómeno del "mijano" que se produce en el periodo de vaciante y los cardúmenes de peces surcan desde el gran río hacia las quebradas. En la Figura 3 se observa que el río principal es la fuente de recursos ictiológicos para la dieta alimentaria de la población (excepto en los periodos de creciente de los dos primeros años). Sin embargo, hay épocas del año en donde las quebradas resultan ser la fuente principal de proteínas y las de mayor uso por la población (particularmente mujeres y niños).

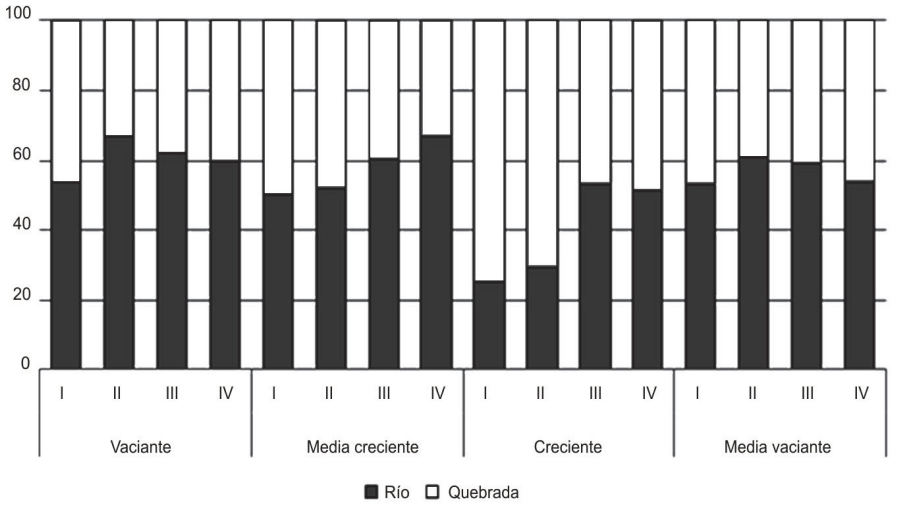


Figura 3. Pesca, biomasa obtenida por espacio de uso y época del año.

- Quebrada: cuerpos de agua que por lo general desembocan en el río principal. En las quebradas del territorio de la comunidad, las familias también obtienen recursos ictiológicos, pero con un porcentaje menor al del río (entre 33% y 49%). El aporte de las quebradas es más abundante en las épocas de lluvia (media creciente y creciente), aunque no es muy regular, como podemos apreciar en la Figura 3. Cuando el centro poblado de la comunidad está más alejado del río principal, el aporte de recursos pesqueros en las quebradas es más significativo. Mientras que cuando la comunidad se encuentra sobre la margen del río principal (en este caso el río Urubamba) la estacionalidad de su uso es más definido,

obtienen más biomasa en la quebrada en la época de lluvias (más del 80% del total) y en el río en la época de vaciante (entre 40% y 80% del total registrado), justamente porque disminuye su caudal, hay menor frecuencia de embarcaciones grandes que transitan por él y se hace más navegable para las pequeñas embarcaciones familiares y por lo tanto menos peligroso.

La diversidad de los productos de la pesca

En relación a la pesca, la canasta de alimentos con productos ictiológicos obtenidos en los cuerpos de agua por los miembros de los hogares de las comunidades, registraron para los mismos cuatro años 102 especies mediante la pesca; un poco menos del total de especies registrado en los cuerpos de agua, como resultado de los primeros años del programa de Monitoreo de Biodiversidad de Camisea (PMB), "en los ecosistemas acuáticos del área del PC se registraron más de 110 especies de peces, de las cuales al menos 25 especies resultan de gran importancia como fuente de alimento para los habitantes de la región" (Soave *et al.*, Editores, 2009:18), y menor número respecto a los resultados del monitoreo hidrobiológico realizado en quince estaciones de muestreo de cinco localidades del bajo Urubamba entre 2003 y 2009 por Ortega *et al.* (2010), "La riqueza total durante la evaluación fue de 176 especies, principal sustento de la dieta alimentaria de las poblaciones locales". Así mismo, Ortega, hizo una estimación del Índice de diversidad (H') para la comunidad de peces en el bajo Urubamba (Soave *et al*., editores 2009:341-342), el rango encontrado va de 0 (río Urubamba, cercano a Timpía; aguas arriba de la comunidad de Chokoriari) hasta 3.72 en la quebrada Shimbillo (área de Miaría, aguas debajo de la comunidad mencionada), en el año 2004. Mientras que los valores obtenidos en la zona de Shivankoreni (río Camisea) van de 0.49 en agosto del 2006 hasta 2.98 en la misma zona pero tres años antes (septiembre 2003), y en el río Urubamba (aguas arriba de Chokoriari) los valores van de 0 (en agosto del 2006) hasta 2.26 (diciembre del 2003), mostrando una disminución de la diversidad en los puntos señalados.

Las estimaciones realizadas en base a "la canasta" de productos obtenidos con fines alimentarios por los miembros de las familias de las tres comunidades muestran valores que van de 0.63 (en el espacio del río en la creciente del primer año, febrero del 2009) hasta 2.91 (obtenidos en el espacio de las quebradas en la creciente del último año, febrero del 2012). Es recurrente encontrar mayor diversidad de especies obtenidas mediante la pesca realizada en el espacio de las quebradas, el valor de H' es mucho más alto para las especies que obtienen en estos cuerpos de agua durante la creciente, mientras que en las otras estaciones las diferencias son menores; es sólo en la vaciante que el H' es mayor en la producción pesquera de los ríos con excepción del año III. Mientras que en las estaciones intermedias (media creciente o media vaciante), los valores de H' se acercan para ambos espacios (ex-

cepto en la media vaciante del último año donde la pesca obtenida en las quebradas fue más diversa.

Tabla 4
Pesca, Índice de Diversidad de Especies (H') por año y estación, de acuerdo a zonas de uso

Año	*I*				*II*				*III*				*IV*			
Época	*V*	*MC*	*C*	*MV*	*V*	*MC*	*C*	*MV*	*V*	*MC*	*C*	*MV*	*V*	*MC*	*C*	*MV*
Río	2.57	2.10	0.63	2.33	2.40	1.77	1.35	2.20	2.17	1.56	0.93	2.23	2.57	1.77	1.46	2.53
Quebrada	2.44	2.48	2.26	2.46	2.16	2.07	2.30	1.91	2.90	1.50	2.34	2.38	2.23	2.34	2.91	2.71

V = Vaciante, MC = Media Creciente, C = creciente, MV = MV

La estimación de H' para cada comunidad nativa y año, muestra al igual que en el acceso a los recursos de fauna silvestre, que los hogares acceden a una diversidad mayor de especies a lo largo del año, se observa poca fluctuación a lo largo de los años, así como diferencias no relevantes entre comunidades, mostrando cierto equilibrio en el acceso a la diversidad, y cierta recuperación en el último año.

Tabla 5
Pesca, Índice de Diversidad (H') por año y Comunidad Nativa

Año	*I*	*II*	*III*	*IV*
CN Chokoriari	3.17	3.07	3.12	3.29
CN Shivankoreni	3.55	3.29	3.15	3.21
CN Cashiriari	3.09	2.19	2.82	3.16

Reflexiones

La caza y la pesca son actividades de mucho valor cultural para los machiguengas, los productos extraídos del bosque y de los cuerpos de agua son destinados fundamentalmente para el autoconsumo, no se ha generado un mercado de compra venta de especies silvestres, salvo casos muy esporádicos y poco significativos.

En los últimos años, la demanda de mano de obra local remunerada tiene un efecto sobre el tiempo destinado a dichas actividades extractivistas, de tal manera que las horas destinadas y el ritmo o frecuencia de las mismas sea no solo menor sino también irregular, particularmente la actividad de la caza por ser una actividad netamente masculina y por ser este grupo el que sale a trabajar en la mayoría de las

veces como mano de obra no calificada para las obras del Proyecto de Gas de Camisea; pero también pueden ser requeridos para obras que se realizan en el centro del poblado como parte de la inversión del canon gasífero administrado por la municipalidad de Echarate. Esta condición laboral, aunque para la mayoría es esporádica y no contínua, pero cada vez más frecuente, influye en la dotación de recursos o especies silvestres para la alimentación familiar y en las zonas de uso; la predominancia de la cacería en el espacio de la chacra (que incluye sus alrededores inmediatos y el centro poblado) con respecto al monte, el primero es de fácil acceso también para los jóvenes y adolescentes, situación que se relaciona a momentos, aunque no es lo usual, donde el mayor volumen de la biomasa obtenida se logra con la cacería de aves pequeñas, para las cuales este segmento de la población usa instrumentos de fabricación personal y familiar (hondas, flechas, trampas), mientras que los varones adultos tienden a invertir parte de los recursos monetarios obtenidos en la compra de escopeta y cartuchos, que son bienes de uso restringido, para ser usados en los momentos de caza en el monte y en especial para las presas de mayor valor ya sea por el peso y/o por el sabor de su carne. Ello, explicaría en parte, la relación inversa entre el porcentaje de biomasa obtenida en cada lugar de uso con la diversidad del productos de caza. Así, los hogares obtienen la mayor biomasa en el monte pero de menor diversidad, mientras que en la chacra la cacería les proporciona menos volumen o peso pero mayor diversidad de especies.

El otro hecho que también puede estar influyendo en la obtención del acceso a la diversidad en el espacio del monte, son las obras realizadas por los proyectos de hidrocarburos (plataformas y pozos Pagoreni en territorio de Shivankoreni; ductos que atraviesan los territorios de Cashiriari y Chokoriani, que dificultan y por temporadas limitan el acceso a colpas y lugares de caza; para establecer la relación se necesitan datos precisos sobre tipos de obras, lugares donde se realizaron y momento en el que lo llevaron a cabo.

En el caso de la pesca, la situación difiere, por ser esta una actividad realizada por casi todos los miembros hábiles de los hogares, es la principal fuente de proteínas en la dieta alimentaria diaria. Los cuerpos de agua, al ser múltiples (particularmente las quebradas) y extensas en longitud (los ríos) permiten a los miembros de los hogares usar diferentes puntos o subzonas para la captación de recursos ictiológicos. Pese al mayor riesgo de la pesca en los ríos (por su caudal especialmente en la época de la creciente) éste espacio continúa siendo la principal fuente de recursos, pero es en las quebradas donde obtienen un mayor acceso a la diversidad de especies.

En relación al H' es importante tener presente que aquí se mide la diversidad de la canasta (lo que logran o desean cazar y pescar), por lo que representa solo de manera indirecta y referencial la diversidad del ecosistema. Es necesario considerar también las dinámicas en la obtención y el consumo respecto a la caza y la pesca, si

el individuo varón de un hogar obtiene una pieza grande (particularmente mamífero) o una buena "cosecha" de peces, puede cubrir la alimentación de varios días tanto de los miembros de su propio hogar como de su familia extensa; en estas situaciones los machiguengas comparten (vía regalos) con los parientes que tiene en la comunidad. También pueden hacer durar varios días la "carne del monte" y el pescado mediante la técnica del ahumado. Por lo tanto, la diversidad, en el sentido aquí explorado, puede dar cuenta de una de las características del acceso a los recursos, la que no se explica solamente por la oferta ambiental sino también por otros factores de índole social y cultural.

Bibliografía

Beckerman, S., "La abundancia de proteínas en la Amazonía: una respuesta a Gross/Stephen Beckerman", *Amazonía peruana*, vol. 3, núm. 6, pp. 91-126, 1982.

Bodmer, R.E.; C.M., Allen; J.W., Penn; R., Aquino y C., Reyes, "Evaluating the sustainable Use of Wildlife in the Pacaya-Samiria National Reserve, Perú", *América Verde*, Working Paper No. 4, Latin America and Caribbean Region International Program, TNC, 1999.

Dallmeier, F.; A., Alonso y P. Campell, (edit.), *Urubamba: the Biodiversity of a Peruvian Rainforest*, SI/MAB Series, Smithsonian Institute, Washington, D.C., 2001, 367 pp.

Gade, D.W., "Animal: man relationships of neotropical vertebrate fauna in Amazonia", *National Geographic Society: research reports*, pp. 321-326, National Geographic Society, New York, 1997.

Giddens, A., *Las nuevas reglas del método sociológico. Crítica positiva de las teorías interpretativas*, Amorrortur editores, Buenos Aires, 1993.

———, *Constitución de la sociedad. Bases para la teoría de la estructuración*, Amorrortur editores, Buenos Aires, 1995.

Gross, Daniel R., "Consumo proteínico y desarrollo cultural en la cuenca amazónica", *Amazonía peruana*, vol. 3, núm. 6, pp. 59-90, 1982.

Moreno, C., "Métodos para medir la biodiversidad", *Manuales Sociedad Entomológica Aragonesa*, CYTED, UNESCO edit., 2001, 75 pp.

Ortega, H.; L., Chocano; C., Palma e I., Samanez, "Biota acuática en la Amazonia Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco-Ucayali)", *Revista Perú Biológico*, vol. 17, núm. 1, pp. 29-35, abril, Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSM, Lima, 2010.

Pacheco, V. y J. Amanzo, "Análisis de datos de cacería en las comunidades nativas de Pikiniki y Nuevo Belén, río Alto Purús", *Alto Purús Biodiversidad, conservación y manejo*, pp. 217-225, Center for Tropical Conservation Nicholas School of the environment Duke University, 2003.

Pinedo, D. y C. Soria (eds.), *El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica*, IDRC-IBC-Mayor ediciones, Colombia, 2008, 333 pp.

Renard-Casevitz, F.M., *Les hommes vêtus: travaux sur l'ensemble Campa de l'Amazonie péruvienne à partir de sa composante matsiguenga*, Paris, 1995, 728 pp.

Robinson, J.G. y K.H. Redford, "Midiendo la sustentabilidad de la caza en los bosques tropicales" (publicado originalmente en inglés en 1994 "Measuring the sustainability of hunting in tropical forest", *Oryx*, vol. 28, no. 4, pp. 249-256), en Fang, T.; R.E., Bodmer; R., Aquino y M.H., Valqui (eds.), *Manejo de fauna silvestre en la Amazonía*, pp. 15-22, UNAP, La Paz, 1997, 334 pp.

Rodríguez Achung, M., "Acción social, dimensión espacial, género y medio ambiente", en J. Mejía (ed.), *Sociedad, cultura y cambio en América Latina*, pp. 167-186, Editorial Universidad Ricardo Palma, Lima, 2009.

———, "¿El medio ambiente es una construcción social?, ponencia presentada en Chaire Quetelet 2000, Population et développement II. Le développement peut-il etre humain et durable", SPED, DEMO, DVLP, Louvaine, la Neuve, noviembre, Bélgica, 2000.

———, "Recursos naturales y acceso diferencial por género en ecosistemas inundables", en Velázquez M. (coord.), *Género y ambiente de Latinoamérica*, pp. 401-427, UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Cuernavaca, 1996, 452 pp.

Rodríguez Achung, M.; E., Rojas y F., Lossio, "Derechos territoriales y proceso de constitución de la agencia social indígena: los secoya y los machiguenga en el Perú", en Fernández, M. y J. Salinas (comps.), *Defensa de los derechos territoriales en Latinoamérica*, pp. 349-392, RIL Editores, Santiago de Chile, 2012, 515 pp.

Rosengren, D., "Concepciones de trabajo y relaciones sociales en el uso de la tierra entre los machiguenga del Alto Urubamba", *Amazonía peruana*, vol. 8, núm. 14, pp. 39-59, mayo, 1987.

Sillero, C.; Albrechtsen, L.; Ferreti, V.; Marino, J.; Packer, M.J.; Palmada, F.M.; Rodríguez Achung, M. y Soave, G.E., *Monitoring Biodiversity in Camisea: Scoping Study Report*, Enviromental Resources Mangement, Buenos Aires, 2002, 497 pp.

Smith, Ch.R. y D. Pinedo, *El cuidado de los bienes comunes. Gobierno y manejo de los lagos y bosques en la Amazonía*, IEP, IBC, Lima, 2002, 410 pp.

Soave, G.E.; Ferretti, V.; Mange, G. y Galliari C.A. (eds.), *Diversidad biológica en la Amazonía peruana: Programa de Monitoreo de Biodiversidad en Camisea*, Buenos Aires, 2009, 514 pp.

Townsend, W., Nyao Ito, *Caza y pesca de los Sirionó*, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés FUND-ECO, Bolivia, 1996, 130 pp.

Revista Geográfica 154 *julio-diciembre 2013:65-89*

Espacio público, resignificación y neoliberalización en Cali

Hernando Uribe Castro*
Leonardo Franco**

Abstract

Nowadays, one of the most important characteristics in the cities is the reticence and redefinition of Public Urban Green Space, which has been presented like a citizens' space, but today it is transformed as a private space. To understand the reticence process, it is necessary to identify the transformations that Cali city has had experience since it was a village in the first part of the xx century until now, where the neoliberal urbanization rationalism, has been the most important overall. The rationality of the neoliberal politics is to transform the public scene into "brands spaces" which are spaces for encounters, pleasure and enjoyment of the citizens. Under this perspective the cities are getting strange, expensive and foreign for the population that lives in it. This report is divided in four parts: in the first part it can be find the topic of the emergence of the Public Green Space inside the urban structure of the city in the beginning of the xx century; in the second part it can be found the deals with the local laws of The Public Urban Green Space in Cali. In the Third part the role played by these Publics Green Spaces focalize which plans could be transformed into modern ones of the xx century; finally in the fourth part, it is shown the process of the neoliberal urbanization and the sense it takes to restore the green Public Space from this tendency.

Key words: *Public Urban Green Space, emergence of the Public Green Space, modernization plans, neoliberal urbanization*.

* Licenciado en Ciencias Sociales, magíster en Sociología. Coordinador del Grupo de Investigación en Conflictos y Organizaciones, Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia, correo electrónico: huribe@uao.edu.co

** Estudiante del Programa de Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia.

Resumen

En la actualidad, una de las características más importantes de las ciudades es el retraimiento y resignificación que ha presentado el espacio público verde urbano como espacio para el ciudadano, para transformarse en un espacio privatizado. Para comprender este proceso de retraimiento se hace necesario identificar las transformaciones que ha tenido la ciudad de Cali desde que era una aldea a principios del siglo XX hasta el momento actual, donde prima la racionalidad de la urbanización neoliberal. Una racionalidad de políticas neoliberales que hacen del escenario público, espacios "marca" más que lugares para el encuentro, gusto y disfrute de los ciudadanos. Ciudades que bajo esta perspectiva cada día son más extrañas, costosas y ajenas para sus habitantes. Este artículo se divide en cuatro partes: en la primera se trata el tema de la emergencia del espacio público verde en la estructura urbana de la ciudad de inicios del siglo XX; en la segunda parte se abordan las normas locales en el espacio público verde urbano de Cali. La tercera parte se centra en el papel del espacio público verde urbano en los planes modernizadores del siglo XX; finalmente, en la cuarta parte, se evidencia el proceso de urbanización neoliberal y el sentido que cobra el espacio público verde desde esta tendencia.

Palabras clave: *espacio público verde urbano, emergencia del espacio público verde, planes modernizadores, urbanización neoliberal*.

Emergencia del espacio público verde en la estructura urbana de la ciudad de inicios del siglo XX

El espacio público es el lugar donde se ejerce la democracia, donde la gente se encuentra, donde se manifiesta su arraigo cultural. Es el escenario de la interacción entre el Estado y la ciudadanía, donde se representa lo simbólico; es el espacio donde la gente se desplaza y se beneficia de algunos de los derechos consagrados en la Constitución. Pero para que el espacio público sea objeto de uso, que beneficie a la sociedad en general, es necesario que la percepción de los mismos sea positiva, de otra manera, perderán el sentido de espacio público para convertirse en espacios evitados o espacios de nadie.

Probablemente la Plaza de la Constitución (hoy Plaza Cayzedo) fue uno de los primeros espacios de encuentro para los pobladores de Cali. Era allí donde los habitantes generaban un uso social y económico del espacio, era usado como plaza de mercado y lugar de encuentro para los feligreses que asistían a la catedral de San Pedro. La Plaza fue construida con morfología cuadrangular (o en damero) al igual que las manzanas, típico del urbanismo español. Es el lugar alrededor del cual comienzan a levantarse las edificaciones más representativas de la religión católica y del estado, con lo que se convierten en símbolos del poder tanto así que para los inicios del siglo XX, según Edgar Vásquez, en torno a la Plaza de la Constitución se encontraban los barrios La merced, San Pedro, Santa Librada y San Francisco don-

de habitaban la élite política, económica y religiosa. Además, era el espacio donde convergía la población para las actividades tanto cotidianas como esporádicas, tales como desfiles, ceremonias, actos políticos, corridas de toros y cualquier acto de índole público. En este sentido, la Plaza se convirtió en el principal espacio público de Cali debido a que la población ejercía una gran variedad de uso social de este espacio.

A medida que la ciudad fue creciendo, los usos sociales de la Plaza se fueron diversificando al punto de tener que realizar una nueva configuración del uso social del espacio, por lo tanto, en 1894 el Municipio contrató a la Compañía de Obras Públicas del Cauca para la construcción de una plaza de mercado y un matadero (Vásquez, 2001, pp. 45-48). Pero además, mediante obras complementarias como la siembra de árboles y establecimiento de zonas verdes, la instalación de sillas, un enrejado y otro tipo de infraestructura, generó que el uso comercial se desplazara hacia los nuevos espacios destinados para ello y, por lo tanto, el uso social de la Plaza de la Constitución estuviera destinado al esparcimiento de la población. En este sentido, Los cambios físicos del espacio hicieron que la plaza se desdibujara y tomara la figura de parque arbolado con corredores que se interceden en el centro[1] lo que conllevó a que las actividades sociales ejercidas en él fueran la charla coloquial y el encuentro interpersonal e intrapersonal. Por lo tanto, las relaciones sociales que allí daban lugar cambiaron de sentido por uno inclinado a las relaciones afectivas y de estima.

El espacio rural en la población urbana de Cali

Los espacios verdes que hacen parte del espacio público destinado a la satisfacción de las necesidades urbanas colectivas, no deben entenderse solamente, como los que existen en el suelo urbano. Muchas de las funciones que brinda el espacio público urbano también las satisface el espacio rural. Lo anterior se puede explicar en gran medida por tres razones.

La primera razón es que el Municipio y en general de Departamento del Valle del Cauca, considerado alguna vez como "la despensa de Colombia", debido a la pluralidad de sus cultivos y su suelo fértil del valle geográfico del río Cauca, se caracterizó por ser una región de haciendas y una actividad económica sustentada en las labores del campo,[2] tal como lo afirma el economista Jesús Antonio Bejarano (1980), a comienzos del siglo XX en el Valle del Cauca se gestaba una diversificación productiva agrícola y ganadera con productos destacados como el café, tabaco, algodón, plátano, maíz y arroz (1980, p. 324). Para Nancy Motta y Aceneth Perafán (2010), la transformación progresiva de las grandes haciendas ganaderas a partir del

[1] El diseño de los corredores aún se ha mantenido hasta la actualidad.

[2] De la "despensa de Colombia" sólo queda un mar de caña.

proceso de fragmentación ocurrida a finales del siglo XIX generó cambios en el uso racional de la tierra.

El segundo elemento que debemos señalar, son las migraciones del campo a la ciudad, las cuales, fueron muy fuertes durante el siglo XX (Sánchez, 2008), y aunque la tasa de inmigración ha disminuido, Cali sigue siendo "la ciudad de las puertas abiertas", debido a que aún recibe población de los espacios rurales de gran parte del territorio nacional por diversos motivos, de los cuales sobresalen el desplazamiento forzado (Giraldo, 2001) y las inmigraciones con la expectativa de mejorar la calidad de vida. Es posible que las personas que inmigran del campo llevan consigo un modo de vida adaptado a las necesidades y cotidianeidad de su antiguo lugar de vida, por lo tanto, la nostalgia y la remembranza de ese cambio es emulado, probablemente, por medio de actividades en los espacios rurales que brinda la ciudad de Cali.

Por último, Cali, la "ciudad de los siete ríos" conserva un espacio rural lleno de atractivos turísticos que disfrutan los pobladores a muy poca distancia del casco urbano. Por esta razón, es muy común que los fines de semana se realicen los tradicionales "paseos de olla".

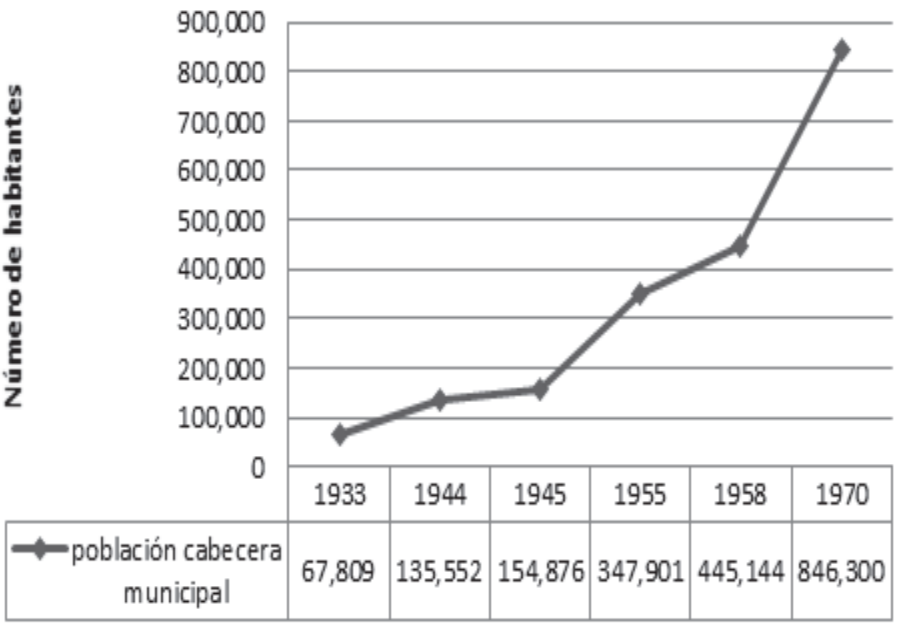


Figura 1. Población de la cabecera municipal en Cali, entre 1933 y 1970.
Fuente: Elaboración propia, basado en CIDSE, Universidad del Valle, 1994.

Un sinnúmero de espacios rurales del municipio de Cali han servido al interés de la comunidad y han sido aprovechados como espacio público de uso efectivo[3] por la población urbana. De este modo, es necesario pensar en lo rural no como lo opuesto de lo urbano, así como tampoco una expresión de lo atrasado o el sitio donde su función primordial es producir los bienes agrícolas; este espacio es demandado también para el cumplimiento de servicios ambientales, culturales y socio-políticos que terminan no sólo por revalorizar lo rural (Buitrago, Paredes y Mota, 2011, pp. 35-37), (Bejarano, 1998), sino por hacer inadecuada la división del territorio en urbano y rural, al menos, en cuanto hace relación al concepto de espacio público. Es decir, se ve el territorio como algo dividido, con límites tangibles, características particulares y usos diferenciados pero va más allá del simple trazo en un plano; el espacio rural brinda una serie de servicios directos e indirectos que satisfacen las necesidades y mejoran el bienestar, no sólo de sus pobladores sino también, de los habitantes de las zonas urbanas, por lo tanto, el espacio rural es un espacio que hace parte integral del territorio. Para el caso de Cali, un espacio rural significante es el Parque Nacional Natural Farallones[4] ubicado en la cordillera occidental de los Andes a pocos kilómetros de la ciudad; tanto el parque como sus zonas colindantes han sido espacios verdes rurales aprovechados por los ciudadanos para realizar diversas actividades como el ecoturismo, turismo rural, *camping* y deportes como el ciclomontañismo y el senderismo. Por otro lado, la diversidad ecosistémica del parque (desde bosque húmedo tropical hasta Páramo) mantiene conservado el patrimonio natural y brinda algunos servicios ambientales a la región como el agua, la captura de dióxido de carbono y la generación de oxígeno.

Los espacios verdes rurales han beneficiado a los pobladores de la zona urbana de Cali brindando servicios ambientales, recreativos, de esparcimiento y culturales; en este sentido, los ríos, que es uno de los elementos que conforman el espacio verde tanto rural como urbano, han tenido una fuerte incidencia en el imaginario sociocultural del municipio y se encuentra arraigado en las costumbres de muchos de sus pobladores; reflejo de ello y en procura de proteger el interés colectivo de los habitantes de la ciudad fue la prematura pero acertada decisión del Concejo de Cali para la protección del río Cali en su zona urbana para el año 1913 mediante un acuerdo que logró mantener en gran parte uno de los espacios verdes urbanos más representativos de la ciudad.

[3] En las normas legales de Colombia, se entiende como espacio público efectivo aquel espacio público dónde la población puede usarlo de manera directa.

[4] Un Parque Nacional Natural (PNN) legalmente constituye la máxima categoría de conservación natural en Colombia para espacios de interés ecológico y ambiental.

Las normas locales en el espacio público verde urbano de Cali

La protección del río Cali como espacio verde urbano

Las interacciones entre el río y la ciudad realizadas a lo largo de la historia de Cali conllevaron a generar un interés para los personajes de la política local en una época muy temprana del proceso de urbanización y crecimiento económico del municipio; para el año 1913 fue aprobado el Acuerdo Municipal No. 12 del 12 de octubre, "Por el cual se propende al ornato, comodidad e higienización de la ciudad, se destina a tal objeto las márgenes del río y se prohíbe en ellas construcciones extrañas a ese fin". Este Acuerdo fue ratificado por el gobernador Miguel García Sierra mediante la Resolución No. 142 del 10 de noviembre de 1913. Al acto en referencia, la Gobernación no le hace observación alguna, y dispone que pase al Concejo del Municipio para su respectiva aprobación.

El Acuerdo se generó como consecuencia de la preocupación que tenían los dirigentes de la época por el uso poco controlado del suelo urbano, pues se comenzaba a presentar un aumento demográfico elevado, concentrando a la población en la zona urbana del Municipio, resultado del nuevo paradigma económico impulsado por diversos factores como la conformación del Departamento, eligiendo como capital al municipio de Cali (Decreto No. 340 del 16 de abril de 1910); pero además, la apertura del Ferrocarril del Pacífico conectando a Buenaventura con la Capital del departamento en 1915 y la apertura de la carretera hacia el interior del país (vía Cali-Cartago en 1920) transformaban al municipio en el conector principal para las transacciones mercantiles del país, abriendo un nuevo mercado laboral y propiciando un nuevo nicho de ciudad para Cali, siendo este el comercial e industrial.

El Acuerdo No. 12 del 12 de octubre de 1913, destina las márgenes del río Cali en su zona urbana al ornato, comodidad e higiene de la siguiente manera:

> Artículo 1. Desde esta fecha en adelante quedan destinadas las márgenes del río Cali a los usos públicos y particulares que correspondan al ornato, comodidad e higiene de la ciudad, del modo siguiente: para la ribera izquierda o norte – en una amplitud de 20 metros y en toda la extensión de área urbana, y para la derecha o sur, en la misma amplitud, de occidente a oriente, hasta el puente de calicanto y de este para abajo, el terreno comprendido entre el borde del álveo o lecho del río y la acera sur de la carrera primera, hasta terminar al oriente el área urbana.
>
> Artículo 2. Quedan prohibidas las construcciones extrañas a los objetos indicados —que se declaran de utilidad pública, por lo cual los particulares cuyo dominio se limite, están obligados a no realizar propósito alguno sobre sus propiedades afectadas por la anterior disposición, sin obtener del Concejo la autorización necesaria, so pena de no ser indemnizados de las labores que emprendan con propiedad a este Acuerdo— en los casos de expropiación y de las reparaciones debidas para darle cumplimiento. Es entendido que el distrito hará las indemnizaciones a particulares, siempre que estos acrediten la legitimidad de la propiedad al terreno.

> Artículo 3. El ingeniero municipal levantará el plano del río y de sus márgenes, en los espacios indicados, con los detalles necesarios y exposición relativa a las construcciones y dueños actuales de ellos.
>
> Artículo 4. El personero municipal queda autorizado para intervenir en los juicios y litigios.
>
> Artículo 5. Para el cumplimiento de este acuerdo, el concejo proveerá lo conveniente, y en los casos de indemnización, incluirá sucesivamente en su presupuesto las partidas necesarias.
>
> El presidente, Rafael Palacios
>
> El secretario, Jorge Santander N.

En otras palabras, el objetivo del Acuerdo fue diferenciar el uso del suelo de la ribera del río Cali en su zona urbana para el año 1913, su nuevo uso sería de protección y conservación, una especie de "parque longitudinal", previniendo usos distintos a los estipulados en el Acuerdo (ornato, higiene y comodidad) como la vivienda, la agricultura y la ganadería. De esta manera, se evita en gran medida el cambio de uso del suelo de la ribera del río en su zona urbana. Además, se enajenan los bienes que se encuentran construidos por particulares atribuyendo la indemnización para permitir que la ribera del río perteneciente a la zona urbana sea destinada a uso público. En este sentido, la ribera del río Cali se transforma en un inmanente espacio público verde urbano desde principios del siglo XX y que se mantiene hasta el presente. Es importante resaltar el logro de conservar la ribera urbana del río Cali como un área de conservación del espacio público verde, a diferencia de lo que ha sucedido en otras ciudades principales de Colombia, como es el caso de Medellín y Bogotá que vienen presentando problemáticas ambientales debido a la poca integración que existe entre el espacio urbano de estas ciudades y uno de los elementos naturales que la componen.

Algunas apreciaciones sobre los Acuerdos Municipales entre 1950-2010

Como se explicó líneas arriba, el Acuerdo No. 12 del 12 de octubre de 1913, fue un Acuerdo temporalmente atípico para la historia de Cali y su espacio público verde. A partir de la segunda mitad del siglo XX el Concejo municipal empezó a incidir de manera política y legislativa en la estructura verde del casco urbano de la ciudad. Un acuerdo muy particular para poder apreciar la visión y el interés de los Concejales sobre los espacios verdes es el Acuerdo No. 4 de 1974, que señala a éstos como una carga económica y administrativa para el municipio y sus entidades públicas, indicando que demandan una serie de gastos de mantenimiento, cuidado y vigilancia y no existen los recursos suficientes; por esta razón, se autoriza la celebración de contratos de comodato[5] para que los moradores de las urbanizaciones utilicen y

[5] El comodato o préstamo de uso es un contrato en que la una de las partes entrega a la otra gratuitamente una especie mueble o raíz, para que haga uso de ella y con cargo de restituir la misma especie después de terminar el uso. Este contrato no se perfecciona sino por la tradición de la cosa, el objeto

se responsabilicen de su cuidado. Por lo tanto, entregar la administración, uso y mantenimiento a las urbanizaciones implica, de alguna manera, limitar los derechos al espacio público de los pobladores no residentes de tales urbanizaciones. El municipio se libra de "una carga económica y administrativa" a cambio de la privatización del espacio público verde urbano y de los derechos de los ciudadanos al uso de los mismos. Este Acuerdo ha tenido serias repercusiones para la estructura verde de Cali, las urbanizaciones y complejos habitacionales han generalizado este tipo de contratos con el municipio lo que ha conllevado a la privatización y cercamiento de los espacios verdes para uso particular y en otras ocasiones pasan inadvertidos tanto para las entidades privadas como las públicas, haciendo de ellos áreas verdes con poca funcionalidad social. Un año más tarde, el Concejo de Cali aprobó el Acuerdo No. 42 de 1975. Con el fin de liberarse de tal carga mencionada pero en este caso, para los espacios verdes de poco interés para las urbanizaciones privadas, la idea fue delegar la responsabilidad de arborización y mantenimiento de zonas verdes a las Juntas de Acción Comunal (JAC)[6] que funcionan al interior de los barrios de la ciudad, aunque con el apoyo de las entidades oficiales, es posible que los líderes de las JAC no perciban la importancia de mejorar los espacios verdes a escala barrial, inclusive, en algunos casos, estos son vistos como espacios que incentivan la inseguridad y acciones socialmente mal vistas.

El Acuerdo No. 118 de 1987, "por el cual se asigna el 50% del recaudo del impuesto de arborización y parques, complementarios del predial, al Instituto de Vivienda del municipio de Cali (INVICALI)" deja desprovisto de recursos financieros a la ciudad para pensar en mejorar la calidad de los espacios verdes urbanos de uso público y adecuar otros, a partir de la fecha del acuerdo el recaudo de este impuesto se redujo en un 50% debido a que la otra mitad se destinó para proyectos de vivienda popular en el municipio, muy probablemente para intervenir en los procesos de asentamientos humanos de origen informal que comenzaron a sacudir a las entidades públicas debido al aumento acelerado de asentamientos no planeados por el municipio o por urbanizadores legales, en esta década muchos asentamientos informales o ilegales tomaron posesión de zonas marginadas tanto geográfica como social, es el caso de la ribera del río Cauca en el oriente de Cali y los asentamientos de la Cordillera Occidental en cercanía a la reserva forestal Los Farallones. Es im-

de este contrato es la transferencia del derecho al uso y al goce del bien al comodatario, cuyo ejercicio conlleva, salvo disposición en contrario, el derecho de éste a percibir los frutos naturales o civiles que se generen durante el mismo. Directorio de Abogados de Colombia. Minuta de Comodato, 2011. Disponible en <http://directorioabogadoscolombia.com/Minuta-Comodato.html>

6 Las Juntas de Acción Comunal son organizaciones civiles que propenden por la participación ciudadana en el manejo de sus comunidades. Sirven como medio de interlocución con los gobiernos nacional, departamental y municipal; buscan la creación de espacios de participación que ayuden al desarrollo en barrios, corregimientos y veredas. Con ellas, los alcaldes también pueden fijar el plan de desarrollo, concertar proyectos y vigilar su ejecución (Alcaldía de Santiago de Cali, Secretaría de Desarrollo Territorial y Bienestar Social, 2013, Juntas de Acción Comunal. Disponible en: <http://www.cali.gov.co/publicaciones.php?id=1819>.

portante mencionar que algunos de estos asentamientos fueron determinantes para la configuración de los espacios públicos verdes urbanos, por ejemplo, el Acuerdo No. 31 de 1976 declaró zona verde recreacional las riberas del río Cauca en su margen occidental con dos objetivos, el primero sería proveer una zona verde de uso recreativo y el segundo, para evitar las mal entendidas "invasiones", pero como se mencionó anteriormente, esta medida no bastó para evitar que allí se ubicaran asentamientos que han impedido aprovechar en su totalidad los beneficios sociales que tendría la adecuación de un gran parque longitudinal a orillas del río Cauca, lugar que posee una historia memorable de un río alguna vez navegable, que ayudó a erigir la ciudad, de interés para la conservación de especies endémicas y zona amortiguadora de inundaciones.

El primer concepto que ha dado la administración municipal referente a los espacios verdes urbanos se encuentra en el capítulo 1 del Acuerdo No. 35 de 1990, donde se expide el estatuto de arborización y manejo de zonas verdes en el municipio de Cali, se define por primera vez lo que para el municipio es considerado "área verde: superficie adecuada con material vegetal, destinada al uso público". Sin embargo, esta definición brinda un concepto generalizado para los distintos tipos de espacios verdes que se encuentran en la ciudad, ya sea por su uso social, su función ecológica y ambiental, urbana, ornamental, paisajística, entre otras. Por otro lado, hace recomendaciones de las diferentes especies vegetales que se pueden sembrar en los perfiles viales de la ciudad con el fin de evitar que se presenten problemas en la estructura física del equipamiento colectivo.

En la Tabla 1 se resumen los acuerdos expedidos por el Concejo Municipal de Cali referente al espacio público verde urbano.

En la revisión de los Acuerdos expedidos por el Concejo de la ciudad se puede ver que desde la década de los años sesenta y hasta la de los setenta existe una clara tendencia de adicionar y crear proyectos de esparcimiento y recreación de zonas verdes en la ciudad. Aunque no existiera una política para el espacio público urbano en Cali que incluyera los espacios verdes, se pretendía brindar a la comunidad espacios para la inclusión e integración social. Posteriormente, se observa un periodo de transición (década de los ochenta) donde se empiezan a desafectar zonas de uso público, es decir, eliminar las zonas verdes para destinarlas a otro fin, principalmente con el objeto de crear proyectos de infraestructura urbana, en especial, de vivienda y vender o titular predios a los ciudadanos que se han asentado en estos espacios de manera informal. Para el periodo 1990-2010 se lleva a plenitud la desafectación de muchas zonas verdes; en la década del 2000 predomina la desafectación para proyectos de infraestructura vial y de transporte, tal como el Masivo Integrado de Occidente (MIO)[7] y proyectos de vivienda.

[7] Sistema de transporte masivo de la ciudad de Cali que utiliza buses articulados y vías exclusivas para la movilización masiva de pasajeros. La infraestructura requerida para la operación del MIO ocasionó un rediseño en la infraestructura vial de la ciudad y un nuevo enfoque de movilidad.

Tabla 1
Acuerdos emitidos por el Concejo de municipio de Santiago de Cali referente a los espacios verdes desde entre los años 1965-2010

Año	*Acuerdo*	*Descripción*
1965	27	Se organiza la Superintendencia de arborización y parques y se dictan otras medidas
1968	59	Se declara una zona de utilidad pública en la ribera del Río Meléndez para efectos de conformar un parque recreativo. En la actualidad no se encuentra este parque; es posible que nunca se haya ejecutada la construcción del mismo
1970	38	Se ordena la construcción de parques de recreación y bosques populares
1973	8	Se dictan algunas normas sobre urbanizaciones y parcelaciones
1973	49	Se ordena la construcción de unos parques. Uno en el lote cedido por el Colegio INEM, calle 62 n° con carrera 4a y 5a y otro en el barrio los Cámbulos
1974	4	Se autoriza al personero municipal celebrar contratos de comodato sobre las zonas verdes de propiedad del municipio de Cali con destino a la formación de centros deportivos y recreacionales.
1974	11	Se señala como zona verde el sector denominado el Foli
1974	28	Se ordena la construcción del centro de recreación y balneario popular de Meléndez y se dictan otras disposiciones
1974	42	Se reglamenta el porcentaje de zonas verdes que deben ceder los urbanizadores. Un total del 15% del área total del predio a urbanizar que debe ser entregada con el equipamiento colectivo adecuado (andenes, iluminación pública, servicio de riego, prado y árboles)
1975	42	Se propende a la arborización de las zonas verdes de la ciudad y delega la responsabilidad de arborización y mantenimiento de zonas verdes a las Juntas de Acción Comunal
1975	69	Se ordena la construcción del parque el aguacatal, declara zonas de utilidad pública las márgenes del río Aguacatal desde la Av. 4 Oeste con calle 6 hasta el límite oriental del Club La Ribera
1976	31	Se declara zona verde recreacional las riberas del rio Cauca en su margen occidental
1979	22	Se determina y se ordena la construcción de vías marginales, en los ríos Cauca, Meléndez, Pance y Lili
1987	118	Se desafectan unos bienes de uso público algunas zonas verdes cedidas al municipio de Cali en el barrio Alfonso López Etapa I, Mariano Ramos, el Jardín, San Martín y urbanización las Camelias (posiblemente para vender y titular las tierras ocupadas por asentamientos informales)
1987	102	Se establece una limitación para los predios de propiedad privada que sean rezonificados para destinarlos a zonas verdes de uso público y se establece una exención
1987	107	Se asigna el 50% del recaudo del impuesto de arborización y parques, complementarios del predial, al Instituto de Vivienda del Municipio de Cali, INVICALI
1987	120	Se dictan disposiciones para la reserva y compra de zonas, adjudicación en comodato y adjudicación de contratos de concesión para la construcción y mantenimiento de las obras de un parque natural, educacional y recreativo de uso público en la zona vecina al distrito de Aguablanca
1990	35	Se expide el estatuto de arborización y manejo de zonas verdes en el municipio de Cali
1992	23	Se autoriza un aporte en especie a una sociedad de economía mixta,se desafecta esta como zona verde y se ordena su reemplazo
1994	2	Se desafecta como bien de uso público una zona verde ubicada en el barrio Tequendama
1994	14	Se desafecta unas áreas cedidas al municipio como zonas verdes y vías publicas
1997	1	Se modifica la destinación de un bien de uso público, de zona verde a vía local
1999	52	Se dictan normas sobre el mantenimiento y reparación de vías, andenes y zonas verdes en el municipio de Santiago de Cali
2005	166	Se desafecta como bien de uso público una zona verde ubicada en la intersección de la carrera 1ª con calle 70 (autopista oriental) y se ordena su compensación
2006	*P-159	Se establece la recuperación y buen aprovechamiento de las zonas verdes y parques de Santiago de Cali y se dictan otras disposiciones
2010	306	Se desafecta del uso público una zona verde, se ordena su compensación y se dictan otras disposiciones
2010	308	Se desafectan unas zonas verdes cedidas al municipio por el centro comercial jardín plaza, se aprueba su compensación y se dictan otras disposiciones
2010	*P-169	Se desafecta del uso público una zona verde en el sector parcelaciones de Pance de la comuna 22 para realizarun proyecto privado donde se requiere desafectar una zona verde de 302.57 metros, se ordena su compensación y se dictan otras disposiciones

(*) Proyectos de acuerdos.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2
Acuerdos del Concejo del municipio de Santiago de Cali que adicionan o desafecta del uso público algunas zonas verdes de la ciudad, 1965-2010

Año	*Acuerdo*	*Adición de zonas verdes*	*Desafectación de zonas verdes*
1968	59	1	
1970	38	1	
1973	49	1	
1974	11	1	
1974	28	1	
1974	42	1	
1975	69	1	
1976	31	1	
1987	118		1
1987	102	1	
1987	107		1
1987	120	1	
1990	14		1
1992	23		1
1994	2		1
1994	14		1
1997	1		1
2005	166		1
2010	306		1
2010	308		1

Fuente: Elaboración propia.

Espacio público verde urbano en planes modernizadores de Cali

Durante el siglo XX, el municipio de Cali planeó el modelo de construcción de ciudad a través de acuerdos municipales que no obedecían a la visión colectiva, sino más bien, a los intereses de la élite vallecaucana que se beneficiaba de los diferentes desarrollos urbanos impulsados a través de las instituciones públicas. José Sáenz muestra en su estudio titulado "Configuración de una élite política en Cali: 1958-1998", cómo la élite política de Cali se ha concentrado, aunque con mayor intensidad en décadas pasadas, en ciertos grupos sociales o familias, lo que conlleva a una desigual distribución de las fuentes de poder, en consecuencia, a un ejercicio de

la política posiblemente concentrado y parcializado a favor de los intereses más bien particulares que públicos.

A pesar de ello, a través de los acuerdos emitidos por el Concejo y algunos decretos municipales emitidos por los alcaldes de turno, se contrataron a diferentes personas (naturales y jurídicas) para planear la ciudad, su desarrollo, expansión, "modernización", delimitación y uso del espacio urbano. Por lo tanto, muchos de los espacios verdes urbanos fueron planeados, intervenidos o creados basados en las ideas de ciudad y urbanismo que cada planeador poseía al momento de pensar en la "Cali del futuro". Según Espinosa, una de las primeras menciones sobre planeamiento de la ciudad en el siglo XX se puede encontrar en el Acuerdo No. 30 de 1927 del Cabildo municipal donde "se dispone lo conveniente sobre el levantamiento del plano de Cali Futuro" (2006, pp. 222-233), pero fue 13 años más tarde que se propone un plan de desarrollo de ciudad, ante el proceso de crecimiento y ampliación del perímetro urbano. Estas intenciones se plasmarán en el Acuerdo No. 35 de 1940 que ordena levantar el "Plano futuro" de la ciudad. Sin embargo, fue con el Acuerdo No. 1 de 1944, donde se contrata a Karl Brunner, quien se comprometió a ejecutar 12 estudios (ingeniería de vías y sanitaria, red de alcantarillado, planimetría, topografía, urbanismo, plano regulador y de ensanche, reglamentación de construcciones y urbanizaciones) en 2,000 hectáreas de la ciudad y entregarlos para el 30 de abril de 1946, aunque se hizo una prorroga y se entregó un año después.

El proyecto fue archivado y en la actualidad se encuentra desaparecido, aunque como herencia del proyecto de Brunner, según Jacques Aprile-Gniset (1992), en la ciudad de Cali quedaron el diseño de los barrios Miraflores, La Campiña y San Vicente, parte de los barrios Versalles, Bretaña, Junín y el barrio del Hipódromo —actual barrio El Templete—, el trazado de la Avenida de Las Américas, la actual Carrera 23, entre otras.

Quizá el proyecto de desarrollo urbano más relevante durante la primera mitad del siglo XX fue el Plan Piloto de 1950, desarrollado por dos arquitectos de renombre —Paul Lester Wiener y Josep Sert— (muy cercanos a Le Corbusier), precursores del urbanismo moderno que conformaron una compañía ubicada en Nueva York llamada *Town Planning Associates*, la cual realizaba proyectos de planeación urbana en Centro y Sur América.

La Carta de Atenas, desarrollada en el IV Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM) en 1933 y publicado por Le Corbusier en 1942 se constituyó en un eje fundamental para la planeación del desarrollo urbano en la ciudad de Cali; las declaraciones de la Carta no sólo se aplicaron en las ciudades europeas, sino también, en algunas de las ciudades latinoamericanas que se encontraban en un estado de crecimiento demográfico continuo y exponencial, donde la densidad de la población generó gran competencia por el mercado de suelo, excluyendo a una

parte de la población y distribuyendo el espacio de manera desigual, configurando muchos de los barrios más densos en zonas poco aptas para la construcción, generando un emplazamiento poco adecuado, conformando "tugurios"[8] y dejando a un lado la conservación de espacios verdes; teniendo en cuenta que no eran concebidos indispensables, fueron devorados por el crecimiento de la ciudad en sus áreas limítrofes, vulnerando las condiciones naturales para la vida humana.[9]

El modelo de ciudad del Plan Piloto se encuentra bastante influenciado por las ideas de urbanismo moderno promulgadas por los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna (CIAM) donde se proponía la zonificación para las cuatro funciones urbanas: habitación, trabajo, esparcimiento y circulación. Adicionalmente, Josep Luis Sert agrega una quinta función urbana: el Centro Cívico, un lugar para el encuentro e integración social con gran diversidad de usos del suelo que va desde lo público (museos, entidades oficiales, biblioteca, sala de exposiciones de arte, teatro, plazoletas, etc.) a lo privado (un gran centro comercial estilo californiano). Por otro lado, las escalas del modelo de ciudad del Plan Piloto propuestas generan una perspectiva de ciudad que va desde lo regional, considerando los municipios que influyen en las dinámicas sociales y económicas de Cali, hasta lo local con la propuesta del Centro Cívico que posibilita un núcleo de muchas actividades cívicas, políticas y culturales agrupadas. En otras palabras, el espacio público para la firma TPA era considerado un eje fundamental dentro de su proyecto urbano, lo que permite apreciar la gran influencia que tuvo la Carta de Atenas en su Plan Piloto para Cali.

Dentro del Plan se pueden evidenciar por lo menos tres tipos de espacio público de uso directo, el primero, mencionado con anterioridad, el Centro Cívico, donde confluye lo público con lo privado sin perder la función principal del mismo; el segundo, el espacio público suburbano, pensado para realizar actividades de esparcimiento y recreación los fines de semana debido al tiempo y la distancia a recorrer para usar los espacios destinados, en este sentido, Wiener y Sert pensaban que los ríos de la ciudad y sus riberas debían ser integrados al sistema de espacio público de la ciudad, equipándolos con cierta infraestructura para mejorar la accesibilidad e incentivar el uso de los espacios naturales cercanos a la ciudad, según León Darío Espinoza, la distribución de dichos escenarios debía así hacerse de forma tal que conformara una estructura reconocible en la ciudad. Esta red de servicios, a su vez,

[8] En el numeral 9 de la Carta de Atenas se utiliza en concepto de tugurios definido por las siguientes características: 1. Insuficiencia de la superficie habitable por persona; 2. Mediocridad de las aperturas al exterior; 3. Falta de sol (orientación al norte o consecuencias de la sombra que cae en la calle o en el patio); 4. Vetustez y presencia permanente de gérmenes mórbidos (tuberculosis); 5. Ausencia o insuficiencia de instalaciones sanitarias; 6. Promiscuidad debida a la disposición interior de la vivienda, a la mala ordenación del inmueble o a la presencia de vecindades molestas.

[9] En la Carta de Atenas, numeral 11, se define como ciertos elementos indispensables para los seres vivos como el sol, el espacio y la vegetación.

debía integrarse a la estructura de zonas verdes y esparcimiento en la cual no solo se proponía conservar los parques existentes, sino que por primera vez en la historia de la ciudad, se contemplaban todas las corrientes de agua de ríos y quebradas que descendían desde las montañas del occidente, como espacios recreativos y de descanso. Los parques lineales así conformados, formaban una red de recreación a todo lo largo de la ciudad, pero además, se propone la localización de un centro recreacional hacia el nororiente, sobre la ribera del río Cauca para actividades recreativas de fines de semana comunicados a través de una vía rápida (Espinosa, 2006, pp. 222-233); la tercera tipología es el espacio público de dimensión barrial y distrital, los primeros, localizados al interior de unidades vecinales[10] que servirían a sus habitantes y, los segundos, aquellos que requerían de dimensiones mayores y servían a número mayor de población, estaban planificados para que sirvieran a varias de estas unidades a la vez.

Tuvo que pasar medio siglo para que desde el ámbito nacional se obligara a los municipios con más de un millón de habitantes a desarrollar planes de ordenamiento territorial, conocidos como los POT,[11] es así como se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial en el Municipio de Santiago de Cali: el Acuerdo 069 del año 2000. El objetivo del POT en la escala urbana para Cali se plantea a mediano y largo plazo y consiste en reestructurar morfológica y funcionalmente la ciudad. El Plan de Ordenamiento pretende recuperar cada uno de los componentes del espacio público incluyendo el componente ambiental. Además, percibe que la diferenciación de los usos que se le dan al espacio es fundamental para mitigar los impactos negativos de la mezcla indiscriminada de usos residenciales con actividades comerciales, de servicios y otros usos productivos. En este sentido, el POT para Cali conserva las ideas del urbanismo moderno. El espacio público y la segregación del espacio mediante su tipología de uso del suelo se convierten en los pilares fundamentales para el plan urbanístico de Cali que ha guiado el desarrollo urbano de la ciudad desde el año 2000 hasta la actualidad. De esta manera, se pretende elevar la calidad urbanística y hacer de la ciudad un espacio que mejore el bienestar de sus habitantes (Acuerdo 069 de 2000).

[10] Las unidades vecinales propuestas por la firma TPA posibilitaban proveer servicios básicos al interior de las mismas para disminuir la distancia y tiempo invertido en la movilidad; en cada una de ellas habría equipamiento colectivo como parques, escuelas, jardines infantiles, bibliotecas, centros de salud e iglesias. Además, daba prioridad a la movilidad peatonal y las calles estarían pensadas para evitar que las unidades vecinales se fragmenten.

[11] La Ley No. 388 de 1997, determina que las ciudades con más de un millón de habitantes deben realizar un Plan de Ordenamiento Territorial que funcione como hoja de ruta para desarrollar el territorio de forma planeada y administrar el uso del suelo de acuerdo a lo estipulado en el POT.

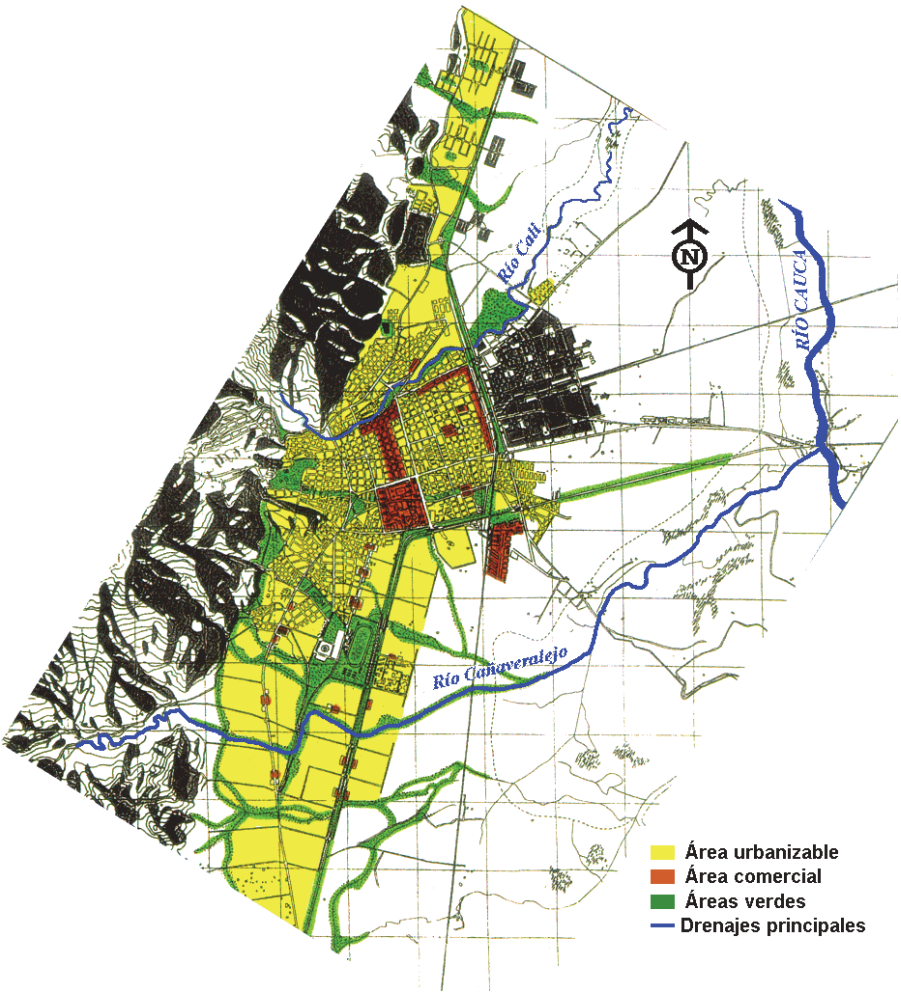


Figura 2. Uso del suelo proyectado en el Plan Piloto de Cali, 1950.
Fuente: Rosales Climent, Cristina Isabel, 2001.

Algunas de las figuras que terminan por configurar el sistema de áreas verdes en la ciudad de Cali son la Cesión, desafectación y cerramiento de zonas verdes.

El mecanismo establecido para obtener zonas verdes disponibles para el uso público es la figura de cesión gratuita mediante la escritura pública. En el POT establece claramente el porcentaje de área a ceder para zonas verdes por parte de los urbanizadores dependiendo la densidad de viviendas de los proyectos urbanos (véase Tabla 3). Estas áreas cedidas, según el artículo 345, son destinadas únicamente a la ubicación de equipamiento colectivo recreativo activo o pasivo.

Para las urbanizaciones o parcelaciones y construcciones destinadas a usos distintos a la vivienda, deberán ceder el 18% del área bruta del predio a desarrollar, para zonas verdes, además, al igual que para los proyectos de vivienda deberán ceder las áreas para vías públicas que determine el esquema básico suministrado por la entidad municipal competente y de las vías resultantes del proyecto de urbanización o parcelación, incluidas las bahías de estacionamiento que impliquen desplazamiento de las secciones de andén y antejardín.

Para los sectores desarrollados (artículo 352), las cesiones del suelo urbano en predios con áreas desde 1,000m^2 que no hayan efectuado las cesiones para su desarrollo o redesarrollo, deben ceder por concepto de zonas verdes, el 15% del área bruta. El artículo 346 señala que las áreas cedidas superiores a 600m^2 deberán localizarse en el predio urbanizado o polígono a urbanizar, conexo con la vías públicas y no será posible su negociación o canje; debe conservar por lo menos el 60% de área blanda (empradizada, arborizada y/o con jardines). Las cesiones para zonas verdes iguales o inferiores a 600m^2 deben ser cancelados ante el Fondo Rotatorio de Tierras, de la entidad municipal competente de acuerdo con el avalúo comercial realizado por la entidad municipal. Estos recursos deberán destinarse a la compra de zonas verdes en sectores que presenten déficit o para parques públicos que se determinen en el presente plan.

Tabla 3
Área a ceder para los proyectos urbanísticos de vivienda en la ciudad de Cali según el Acuerdo 069 del año 2000

Rango (Viviendas/Hectárea)	Cesiones de área bruta del predio a desarrollar
Hasta 120	18% Zonas verdes y 3% equipamiento colectivo institucional
Entre 121 y 130	Las anteriores más 17 m^2 por cada vivienda adicional
Entre 131 y 140	Las que resultan en el rango 2 más 19 m^2 por cada vivienda adicional
Entre 141 y 150	Las que resultan en el rango 3 más 21 m^2 por cada vivienda adicional
Entre 151 y 160	Las que resultan en el rango 4 más 23 m^2 por cada vivienda adicional, y asi sucesivamente.

Fuente: Elaboración propia.

En contrasentido a la figura de cesión se encuentra el mecanismo de desafectación de zonas verdes que permite darle un uso distinto a las mismas. La desafectación puede surgir a partir de intereses particulares siempre y cuando el Concejo lo apruebe mediante un acuerdo, aunque se establece en el artículo 351 del POT que se desafecta zonas verdes siempre y cuando sean sustituidas por otras de características y dimensiones equivalentes o superiores e igual valor, localizadas en el mismo sector. La sustitución debe efectuarse atendiendo criterios, entre otros: de calidad, accesibilidad y localización. Cabe resaltar que conforme al artículo 346 del mismo Acuerdo, las áreas cedidas superiores a 600m^2 no serán posibles de negociar o canjear.

En cuanto al cerramiento de zonas verdes, el artículo 362 del POT solo lo permite por razones de seguridad y el porcentaje de éstas no debe ser mayor al 5% número total de zonas verdes existentes en un barrio. En tal caso, dichas áreas no pueden ser encerradas en forma tal que priven a la ciudadanía de su uso, goce, disfrute visual y libre tránsito. Sin embargo, cuando en un barrio exista sólo una zona verde, no se permitirá ningún tipo de cerramiento. El cerramiento de zonas verdes se hace frecuente en las cesiones realizadas por parte de las urbanizaciones y puede ser de diferentes formas, en algunas ocasiones puede dar la percepción que se trata de un lote para la venta, tanto así que para evitar que personas intenten estafar a compradores poco precavidos, se han instalado letreros advirtiendo que "este lote no está en venta", dejando ver la ausencia del Estado en el control y adecuación para el uso público, en este sentido, estas franjas verdes cedidas brindan algunos servicios ambientales por su aporte a la biodiversidad, la captura de CO^2, el mejoramiento del microclima, entre otros beneficios, pero los servicios directos que brindan a los habitantes son pocos debido a la ausencia de equipamiento colectivo funcional. En otras ocasiones, estas franjas verdes son adecuadas y cerradas para el uso público pero abiertas para el uso de los residentes de las urbanizaciones, no es extraño ver puertas que simulan el acceso a los habitantes del sector para su uso público pero una cadena impide que la puerta pueda abrirse, aunque al lado de la zona verde que colinda con la urbanización si se permite el ingreso.

El espacio público verde en la Cali neoliberal del siglo XX

Para Nora Clichevsky, lo que se denomina como mercado legal de tierra urbana es cada vez más restrictivo para la población de menos ingresos en América Latina, porque durante la década de los noventa se dieron importantes cambios que fueron definidos no sólo por los cambios en la regulación del suelo por parte del Estado, sino también por "las nuevas necesidades del capital productivo —cambios en los usos del suelo por las actividades residenciales, de comercialización y recreación y del capital financiero— dado los requerimientos de suelo para realizar grandes inversiones en áreas urbanas" (2006, p. 10).

Sobre los procesos de neoliberalización urbana, autores como Theodore, Peck y Brenner (2006), entregan algunas consideraciones. Una de ellas y, tal vez la más significativa tiene que ver con la idea según la cual la implementación del modelo neoliberal en América Latina conlleva un proceso de transformaciones socio-espaciales importantes, fundamentados en elementos políticos e ideológicos así como de sus distintas formas institucionales, efectos socioeconómicos y múltiples contradicciones.

Existen conexiones, por tanto, entre procesos de neoliberalización y desarrollo urbano. Para estos autores, este modelo, que es el motor de la economía del mundo capitalista, tiene efectos disfuncionales en las diversas escalas que van desde lo local hasta lo global. Pero tal vez una de esas manifestaciones tiene que ver de manera clara con el efecto en la topografía y el paisaje urbano de una desigualdad y segregación del desarrollo socio espacial.

En el modelo de ciudad neoliberal la tendencia frente al espacio público presenta dos componentes según Theodore, Peck y Brenner (2009):

> Creación de zonas de libre comercio, zonas empresariales y otros espacios 'desregularizados' en las principales regiones urbanas. Creación de nuevas áreas de desarrollo, tecnópolos y otros 'nuevos espacios industriales' a escalas subnacionales. Movilización de nuevas estrategias 'glocales' para recanalizar las capacidades económicas e inversiones en infraestructura, hacia aglomeraciones 'conectadas globalmente'
>
> Creación de espacios privatizados para el consumo de elites/corporativo. Construcción de megaproyectos destinados a atraer inversiones corporativas y reconfigurar los patrones locales de uso del suelo. Creación de comunidades enrejadas, enclaves urbanos y otros espacios de reproducción social "purificados". Corrimiento de las fronteras de gentrificación y la intensificación de la polarización socioespacial. Adopción del principio "el mayor y mejor uso" como la base de importantes decisiones de planificación de uso del suelo" (2009, p. 9).

Las ciudades colombianas recientemente se han venido construyendo en el escenario de la sociedad dominada por el modelo capitalista neoliberal. En este modelo, el papel de la ciudad suele asociarse al de un sumidero para la inversión y la reproducción de los excedentes de capital. Los esfuerzos están encaminados a hacer de ellas importantes centros urbanos atractivos y seguros, de modo tal que se les construye una infraestructura y una imagen "apropiadas" para cautivar a viajeros, grupos de inversionistas y monopolios globales. Para que esto funcione, se les ha delegado a los gobiernos locales un papel central en estas ciudades neoliberales. Un papel que tiene como principal característica el que el gobierno local sea "buen negociador y administrador, pero sobre todo, garante de la seguridad".

Así, los gobiernos locales, en línea con el gobierno nacional, se ubican entre los grupos económicos y financieros; el Estado y la ciudad, y se encargan de buscar los mecanismos para captar recursos económicos (créditos de bancos nacionales o

globales y de los recursos del Estado), para construir las ciudades como una mercancía, una marca,[12] que tengan la posibilidad de competir con otras en el país y en el mundo. Un ejemplo de ello es el préstamo que anunciaba el periódico local de la ciudad por $189,000 millones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para mejoras en el proyecto del transporte masivo (MIO)[13] en Cali.[14] Muchas de estas macro-obras construidas, son presentadas como importantes para garantizar el progreso y el desarrollo de toda la comunidad.

Para ello, los gobiernos locales, los grupos financieros y los inversionistas utilizan los medios masivos de comunicación, unidades de negocio articuladas a poderosos conglomerados económicos, como herramientas ideológicas y ruedas de transmisión para convencer al ciudadano del común de las "buenas intenciones" del gobierno en pro de su desarrollo y progreso. Los gobiernos locales deben responder, entonces, a estas exigencias del mercado, independientemente de que los efectos de esta respuesta vayan en contra del conjunto de la sociedad y del ejercicio ciudadano. Para geógrafos como David Harvey,

> los gobiernos locales se han visto obligados en diverso grado a asumir iniciativas más propias de empresas privadas —en particular, por lo que toca a la creación de un entorno favorable para el capital privado a costa, si es necesario, de la población urbana—, un proceso que fomenta la competencia entre las regiones metropolitanas (2007, p. 132).

Al centrarse en desarrollar sólo una parte de la ciudad, exigida por las fuerzas del mercado, el gobierno local deja otros espacios de la ciudad al margen y al abandono, es decir un problema de marginalidad. Espacios que pueden ser aprovechados por todo tipo de actores que pueden hacer con estos lugares diversos usos urbanos tanto de carácter legal como ilegal o incluso, semilegal. Se embellecen las áreas verdes céntricas y se olvida de las otras áreas verdes periféricas.

Lo complejo es que los gobiernos locales destinan la inversión pública en infraestructuras y todo tipo de mejoras para que los actores del mercado posean un mejor clima para los negocios, porque lo que sucede en el fondo es que se está subsidiando el capital y fortaleciendo los privilegios de clase. Es decir, los recursos

[12] Al tiempo, el Estado-nación moderno sufre los embates del mismo modelo neoliberal, hasta el punto que el desmonte de la propiedad estatal es garantía suficiente para que operadores bancarios internacionales y multinacionales inviertan en el país y terminen, incluso, negociando de manera directa con municipios y gobernaciones, asuntos de inversiones directas e indirectas en ciertas ciudades. Nota de los autores.

[13] Masivo Integrado de Occidente, MIO. Nota de los autores.

[14] ELPAIS.COM. "¿Qué hará Metrocali con los $189,000 millones del Banco Interamericano de Desarrollo?".

públicos invertidos terminan beneficiando los capitales privados. En este proceso de intervención del espacio urbano y sus lugares, se puede presentar una resignificación de lo ecológico, donde en nombre de la naturaleza se toman decisiones de organización del territorio. En Cali por ejemplo, el paisaje del río Cali concentró los esfuerzos de la administración y las elites políticas y económicas para inversión de capitales. Pero la otra parte del río quedó olvidada y echada al abandono.

El crecimiento social de la ciudad queda supeditado a las propuestas de gobernantes locales que usan los problemas de pobreza, discriminación y los que dejan la iniquidad para proponer soluciones con un fuerte carácter populista. Esto es un proceso contradictorio porque al focalizar el desarrollo sólo en algunos aspectos y espacios de la ciudad, se desmejoran las condiciones de la calidad de vida de muchas comunidades, debilitando la confianza en la acción pública porque quienes lideran parte del gobierno, recibieron el voto y la aceptación de un número importante de electores con la esperanza de que se les dé solución a sus problemas. Si los gobiernos son elegidos por voto popular es porque deben representar y responder al conjunto de la comunidad, más que ser un gobierno interesado en favorecer el capital privado.

¿Es posible hallar formas para poder responder al desafío de lograr un gobierno local más interesado por el bienestar de sus ciudadanos en estas ciudades neoliberales?, ¿puede el retraimiento del espacio público verde ser una expresión de la arremetida capitalista sobre las ciudades?

Hoy las ciudades pueden ser transformadas con estrategias como el *e-marketing* cuando se prioriza su sentido como "marca". La Organización Mundial del Turismo (OMT), organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), elabora manuales para ayudar a gobiernos a impulsar las ciudades marca o como se denominan técnicamente, un proceso de creación de marca, acompañada de las estrategias para su gestión. En noviembre de 2007 se desarrolló el Congreso Mundial de City Marketing, evento importante y central para la muestra de lineamientos mundiales con respecto a este tema.

Para el caso de Colombia, posicionar e imponer sus ciudades como marca es tarea que adelantan distintos gobiernos locales, regionales y nacionales, así como empresas, entre ellas las del sector hotelero e inversionistas globales. Inversiones encaminadas a generar procesos de modificación urbana, proliferación de centros comerciales, modernización de mallas viales, construcción de centros empresariales y deportivos, entre otras obras. En estos eventos se imponen ideas como "ciudades ecológicas" o "ecociudades", "ciudades verdes", "ciudades del futuro", todas ellas donde el medio ambiente se convierte en cliché para la atracción de públicos, compradores, inversores y turistas. De estas ciudades surgen las imágenes de grandes espacios verdes, decorados y arbolizados.

Este proceso de construcción de ciudad genera y capta con estos programas de desarrollo urbano, importantes excedentes como reproducción de su capital, y le hacen creer al habitante que se les está construyendo una ciudad para su deleite, quien en últimas debe pagar a través de impuestos, como el de valorización, los altos costos de estas transformaciones que cambian el paisaje de sus entornos, pero que no son garantía de un mejor vivir, a partir, por ejemplo, de lograr minimizar incertidumbres sociales alrededor de la posibilidad del empleo, o de la educación de los hijos.

Se remodelan edificios, se tumban edificios antiguos y se construyen nuevos; estadios deportivos, se barre con una cantidad de espacios históricos y sobre estos se construyen otros más modernos que se presentan como parte del 'progreso' de la ciudad.

El crecimiento de las ciudades y el embellecimiento de los espacios públicos en zonas céntricas se convierten en aliado importante de las fuerzas del capital. Por eso no es raro encontrar que en las principales ciudades colombianas y en general en las ciudades latinoamericanas, firmas internacionales que pertenecen a fuerzas globales estén interesadas en desarrollar proyectos de infraestructura enfocadas en la cultura ciudadana.

Este mecanismo que opera constantemente, en todo momento, es lo que caracteriza de manera clara el sistema-mundo; un sistema-mundo donde la economía mundo-capitalista determina las acciones, los comportamientos e incluso los imaginarios y las percepciones de las personas. Generar mayores desigualdades, mayores niveles de pobreza y más niveles de exclusión, son parte de las estrategias de sobrevivencia del modelo capitalista. Por ello, los ciudadanos enfrentan ciudades extrañas, que no les corresponden, ciudades donde la comunidad ya no participa en su proceso de construcción.

Se tiene así una relación entre la ciudad, la forma cómo se reproducen los capitales y justamente, el modelo de sociedad moderna; una sociedad moderna llena de apariencias que conlleva a ocultar lo que verdaderamente hay detrás de esos procesos de progreso y de desarrollo.

La situación del espacio público en la actualidad de Cali

Analizando los indicadores de espacio público para Cali, se puede evidenciar que existen rasgos fuertes de inequidad, estigmatización geográfica y desigualdad en la producción del espacio público urbano, resultado de cuestionables procesos históricos de construcción de ciudad. Esa desigualdad en la distribución del espacio público se encuentra relacionada con el fenómeno de "segregación residencial

socioeconómica"[15] que aún se manifiesta en la estructura demográfica de Cali. Por lo tanto, para modificar la distribución y generar usos funcionales de los mismos es necesario realizar una planificación y un rediseño integral que contribuya con la resolución de la inequidad socio espacial y con la percepción que se tiene de ellos.

Según la Oficina de Planeación Municipal[16] "las zonas que menos espacio público tienen por habitante son el centro de la ciudad, las Comunas[17] 18 y 20 (zona de ladera) y las Comunas 15 y 16 (al oriente de la ciudad)" zonas que se corresponden con sectores marginales. A su vez, el Informe de Evaluación de Calidad de Vida en Cali de 2010 expresa que en las comunas 8, 9, 14 y 18, poseen menos de $1m^2$/habitante, mientras que en tan solo tres Comunas (22, 17 y 3) cumplen con el indicador básico de $10m^2$/habitante. En términos generales, los datos expresan que al 92% de los caleños les corresponde, en promedio, $2.6m^2$, mientras que para el restante 8% de la población, un $20.64m^2$ por persona. Lo anterior refleja la inequitativa distribución del espacio público en la ciudad donde aquellas comunas con estratos socioeconómicos más elevados disponen de mayor cantidad de espacio público; la distancia del indicador entre unas comunas y otras refleja inefectiva planificación integral del territorio, donde el ejercicio del gobierno se ha concentrado en solo unas pocas zonas de la ciudad y se escudan en el argumento de planear sobre el territorio legal y formal y dejar de lado el territorio informal e ilegal.

Este proceso de inequidad en la distribución del espacio público, se obedece a un conjunto de determinantes históricos entre los que se destacan los direccionamientos interesados de gobernantes de turno, el desarrollo económico de la región, las migraciones y las luchas sociales para acceder a la vivienda. Estos procesos han generado un espacio urbano heterogéneo, resultado de los diferentes formas de estructuración de la ciudad (la tradicional o colonial hasta la década de los cincuenta; la modernizadora que seguía los lineamientos del urbanismo moderno entre las décadas de los cincuenta y sesenta; la ilegal e informal, desde la segunda mitad del siglo pasado hasta el presente; y por último, la estructura de desarrollo del siglo XXI).

El resultado de estos procesos de desarrollo urbano incidirá, por un lado, en lo que se ha dado a conocer como "Segregación residencial socioeconómica" que para el caso de Cali se corresponde con tres grandes zonas donde, de igual manera, se reproducen la inequidad y el *déficit* de esta distribución del espacio público. Sin

[15] Para entender el concepto y su incidencia en Cali se puede consultar las investigaciones del docente-investigador Harvy Vivas relacionadas con el tema. Se sugiere la consulta del siguiente artículo: "Segregación residencial y distancia socioeconómica en Cali", Centro de Estudios de Opinión, Universidad de Antioquia. Disponible en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ceo/article/viewFile/11455/1045>.

[16] Entidad oficial encargada de la administración y ordenamiento del territorio municipal de la ciudad de Cali.

[17] Comuna se refiere a la agrupación en polígonos de diferentes zonas en la ciudad con el fin de facilitar el manejo del territorio. Actualmente existen 22 comunas en la ciudad.

embargo, estas zonas no son homogéneas y es posible encontrar, hoy en día, áreas residenciales que se alejan de los grupos sociales que la componen a manera de enclaves o urbanizaciones en la periferia de la ciudad. Las nuevas urbanizaciones cuentan con un espacio colectivo privatizado dispuesto por las empresas urbanizadoras como un servicio brindado para generar un valor agregado en la propiedad raíz; la característica común de condominios, bloques, conjuntos, unidades, clubes, parcelaciones, etc., es el establecimiento de cercas que margina y excluye del uso de espacios verdes de calidad a los no-residentes.

Por otro lado, la heterogeneidad socio-espacial ha dificultado una planeación urbana que integre la ciudad. Hecho que se vuelve más complejo cuando estos procesos de planeación se conjugan con intereses de élites o de algunos agentes que desde su lugar, toman decisiones para el beneficio de agentes y sectores privados, no para el beneficio colectivo y comunitario.

Para solucionar el problema de la inequidad del espacio público urbano (incluyendo el espacio público verde) no basta con mejorar el indicador de 2.66m^2 a 4m^2, como se plantea en el 'Plan de Desarrollo 2012-2015',[18] o destinar un porcentaje de zonas verdes según la densidad de vivienda de las nuevas urbanizaciones como lo estipula el POT de Cali. Se necesita que estos espacios sean reconocidos por los ciudadanos como tales, que su uso social sea el adecuado y no se conviertan en espacios de topofobia (lugares que producen miedo y rechazo) donde su uso muchas veces es monopolizado por grupos delincuenciales. Es importante que se les atribuya un valor y beneficios para el bienestar de la comunidad y se disponga de recursos financieros y humanos para mejorar la percepción que la gente tiene de ellos, y sobre todo, vincule a las comunidades en la planificación, diseño, construcción y sostenibilidad de los mismos con el fin de hacerlos funcionales y se ajusten a las necesidades específicas de la comunidad.

Bibliografía

Aprile-Gniset, J., *La ciudad colombiana: siglo XIX y siglo XX*, Fondo de Promoción de la Cultura del Banco Popular, Bogotá, 1992, 798 pp.

Bejarano, J.A., *El régimen agrario de la economía exportadora a la economía industrial*, Editorial La Carreta, Inéditos Ltda., Bogotá, 1980, 370 pp.

Buitrago Bermúdez, O.; Paredes Rodríguez, S. y Motta González, N., *De los Farallones al Cauca, situaciones ambientales, actores e imaginarios*, Programa Editorial Universidad del Valle, Santiago de Cali, 2011, 234 pp.

CIDSE-Universidad de Valle, *Retrospectiva urbana y servicios públicos en Cali 1900-1993*, Emcali, Cali, 1994.

[18] Los planes de desarrollo en el ámbito municipal son diseñados por el alcalde con el fin de delimitar su gestión y lograr los objetivos propuestos.

Clichevsky, N., *Previniendo la informalidad urbana en América Latina y el Caribe*, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Organización de las Naciones Unidas y CEPAL, Santiago de Chile, 2006, 71 pp.

Espinosa Restrepo, L.D., "El Plan Piloto de Cali 1950", *Bitácora*, vol. 1, núm. 10, pp. 222-233, 2006.

Giraldo, G., "El desplazamiento forzado en Colombia. Reinvención de la identidad e implicaciones en las culturas locales y nacional", *Scripta Nova*, vol. 94, núm. 1, Universidad de Barcelona, 2001.

Motta, N. y Perafán, A., *Historia ambiental del Valle del Cauca*, Programa Editorial Universidad del Valle, Cali, 2010, 199 pp.

Olarte, Ospina, Arias & Payán Ltda. OLAP, Proyecto de Aguablanca, control de inundaciones, drenaje y riego. Valle del Cauca, planeamiento de recursos naturales, OLAP, 1951, 57 pp., más cuadros y anexos.

Puyol, R., *et al.*, *La Geografía humana*, Edición Cátedra, Madrid, 1992.

Rosales Climent, C.I., *Sobre el comportamiento sísmico de los depósitos de suelos del área de Cañaveralejo, Cali, Colombia*, tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Santiago de Cali, 2001, 275 pp.

Sánchez Steiner, L., "Éxodos rurales y urbanización en Colombia. Perspectiva histórica y aproximaciones teóricas", *Bitácora*, vol. 13, núm. 2, pp. 57-72, 2008.

Sáenz, J.D., *Elite política y construcciones de ciudad: Cali 1958-1998*, Universidad Icesi, Cali, 2010, 338 pp.

Theodore, N.; Jamie Peck y Neil Brenner, "Urbanismo neoliberal: la ciudad y el imperio de los mercados", *Temas Sociales*, núm. 66, Ediciones SUR, Santiago de Chile, 2009. Disponible en <http://www.sitiosur.cl/r.php?id=898>, consultado el 16 de abril de 2013.

Vásquez Benítez, E., *Historia de Cali en el siglo XX: sociedad, economía, cultura y espacio*, Artes Gráficas del Valle, Cali, 2001, 318 pp.

Leyes, Acuerdos y Decretos

Decreto No. 340 del 16 de abril de 1910.

Acuerdo No. 12 del 12 de octubre de 1913.

Resolución 142 del 10 de noviembre de 1913.

Acuerdo No. 30 de 1927 del Cabildo municipal.

Acuerdo No. 1 de 1944.

Legislación urbana del 28 de agosto de 1948.

Ley 41 de noviembre de 1948.

Acuerdo No. 127 de 1948.

Decreto No. 23, el 20 de enero de 1953.

Decreto No. 702 de noviembre 23 de 1953.

Acuerdo No. 4 de 1974.

Acuerdo No. 42 de 1975.
Acuerdo No. 31 de 1976.
Acuerdo No. 118 de 1987.
Acuerdo No. 35 de 1990.
Decreto No. 2063 del 16 de diciembre de1997.
Decreto No. 2139 de 18 de diciembre de 1997.
Ley 88 de 1997.
Decreto No. 419 de 24 de mayo de 1999.
Acuerdo 069 de 2000.

Documentos oficiales

Alcaldía de Cali, *Cali en cifras, 1996*, Departamento de Planeación Municipal, 1996.

Alcaldía de Cali, *Cali en cifras, 2011*, Departamento de Planeación Municipal, 2011.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, *Génesis y desarrollo de una visión de progreso. 50 años*, CVC, 2004.

Presidencia de la República, *Plan de erradicación de pobreza absoluta y generación de empleo*, Bogotá, 1987.

Secretaría de Vivienda Social, *Asentamientos humanos de desarrollo incompleto existentes en el municipio de Santiago de Cali*, Fondo Especial de Vivienda, Secretaría de Vivienda Social, Alcaldía de Santiago de Cali, 2010.

Variabilidad del clima asociado con la precipitación y caudales de ríos en los Andes Centrales, Sudamérica

Arnobio Germán Poblete[*]
Juan L. Minetti[**]
Daniela Adelina Iranzo[***]

Abstract

It is being investigated how the hydrology in the Central Andes of Argentina and Chile in the snowy wintery period responds to climatic forces of the regional atmospheric circulation and of the interaction ocean-atmosphere. The parameters used for the studies included the Reanalysis I, an index employed by the international climatological community, and others constructed by ourselves. What is being attempted to measure are the impacts of such conditioning factors in the hydroclimatic variability of the region, the significance of the incidence of each of them in the atmospheric and oceanic agents that influence in the supply of liquid water and snow in the area, the role of the sources of humidity and the precipitant mechanisms that intervene.

Significant correlations between a variety of factors and agents of precipitation have been found, being the SST in the area Niño 3+4, the activity of the South Pacific anticyclone and the west winds, among others, worth mentioning. These were especially validated with data from the Reanalysis I.

Key words: *Meteorology, Central Andes, Atmospheric circulation, Ocean-atmosphere*.

Resumen

Se investiga cómo responde la hidrología de los Andes Centrales de Argentina y Chile en el periodo nival a los forzantes climáticos de la circulación atmosférica

* Instituto de Geografía Aplicada de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) y Laboratorio Climatológico Sudamericano (LCS), Av. Rioja 1110 N, San Juan, 5400, Argentina, correo electrónico: agpoblete@gmail.com

** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas (CONICET), Universidad Nacional de Tucumán (UNT) y LCS.

*** Instituto de Geografía Aplicada, Universidad Nacional de San Juan (UNSJ).

regional y de la interacción océano-atmósfera, parametrizados con el Reanalysis I, índices utilizados por la comunidad climatológica internacional, y los construidos por los autores. Se intenta valuar los impactos de dichos condicionantes en la variabilidad hidroclimática de la región, la significación de la incidencia de cada uno de ellos en los agentes atmosféricos y oceánicos que influyen en la alimentación de agua líquida y nieve en el área de estudio, el rol de las fuentes de humedad y los mecanismos precipitantes intervinientes.

Se encontraron correlaciones significativas de varios factores y agentes con la precipitación entre los que se destacan las SST en el área Niño 3+4, la actividad del anticiclón del Pacífico Sur y los vientos del oeste, entre otros, las que fueron validadas espacialmente con el Reanalysis I.

Palabras clave: *Andes Centrales, circulación regional atmosférica, cupla océano-atmósfera*.

Introducción

En la actualidad las regiones de Cuyo en Argentina y Chile central están sufriendo las consecuencias de una de las sequías más prolongadas en los Andes Centrales de los últimos tiempos, que se agudizó desde 2010. La temporada nival en 2012 fue una de las más deficitarias, no vislumbrándose en la actual (agosto, 2013) un cambio sustancial, sino que, en el sentido opuesto, se ha producido un estado que se asemeja al de las graves sequías de 1968-1970 que impactaron severamente en el recurso hidrológico de las citadas regiones y motivaron la construcción de las importantes obras hidráulicas, tales como el Dique de Ullum en San Juan y Carrizal, y Potrerillos en Mendoza, entre otros.

Por ese motivo, en el pasado reciente se han realizado abundantes investigaciones referidas a la interacción de los factores atmosféricos y oceánicos que condicionan las precipitaciones en la Cordillera Central de Argentina y Chile, todas ellas en la búsqueda de respuestas sobre los factores y forzantes que desencadenaron esta situación (Benites y King, 1977, Menegazzo y otros, 1984).

Algunas de dichas investigaciones se centraron en la génesis de los procesos que tienen que ver con variables atmosféricas (Pittock, 1980, Minetti y otros, 1982), mientras que otras se extienden a la interacción mar-atmósfera (ENSO-PDO) (Poblete y otros, 2008).

En este artículo se investiga cómo responde la variabilidad hidrológica de los Andes Centrales de Argentina y Chile, representada paramétricamente por el derrame del río San Juan, en el periodo nival abril-septiembre a los forzantes climáticos naturales de la circulación atmosférica regional y la cupla océano-atmósfera, tales como los eventos “El Niño/La Niña” y las SST (Surface Sea Temperature) de los océanos en el entorno de Sudamérica y otros más remotos.

Los índices usados son los formulados por los principales centros climatológicos mundiales tales como la NOAA, NASA (Estados Unidos), entre otros, y además los construidos al efecto por los autores. Todos ellos fueron validados con los datos del Reanalysis I por Poblete, *et al.* (2012), usando técnicas estadísticas multivariantes y las propias del Reanalysis I del NCEP/NCAR. Se intenta responder sobre los niveles espaciales de impacto de los condicionantes citados en la variabilidad hidroclimática de la región. Se investiga la significación de cada uno de los factores dependientes de las fuentes de humedad, los océanos Atlántico y Pacífico o Amazónicas y además cómo serían los mecanismos precipitantes intervinientes (Quintana J.M. y Aceituno P., 2011).

Datos y métodos

Por la inexistencia de datos de nieve y precipitación suficientes sobre los Andes Centrales, se utiliza como índice hidroclimático de los mismos a los derrames anuales del río San Juan. Esto surge de acuerdo con los estudios realizados por Minetti (1985) y Poblete *et al.* (2008), en los cuales se demostró que dicho río se asemeja al derrame medio de todos aquellos que se alimentan del agua de deshielo proveniente de la región.

La elección del mencionado río también se basa en la amplitud de su cuenca de 38.462km^2 (Lupano, C.F., 2008) y en su localización en una región "climosensible" (Minetti *et al.*, 1982), generada por la influencia pacífica y el factor latialtitudinal que se muestra en la Figura 3. En ella se aprecia la relación entre agua precipitada y derrames de los ríos cordilleranos observándose la ubicación de las respectivas cuencas teniendo en cuenta al piso superior (dependiente fundamentalmente de los mecanismos precipitantes provenientes del Pacífico), y el inferior (que depende principalmente del estado del océano Atlántico), (Bruniard, 1982), (Poblete *et al.*, 1989). Además, se lo valida como representativo utilizando los índices descritos para examinar la homogeneidad espacio-temporal del río San Juan, mediante el Reanalysis I confirmando la relación significativa entre la precipitación caída en el periodo abril-septiembre en los Andes Centrales y sus caudales en octubre-marzo como se muestra en la Figura 4.

Los cuantificadores del ENSO y demás índices de circulación regional y de la cupla océano-atmósfera, tanto adyacentes al área de estudio como remotos, fueron obtenidos de la CDC-NOAA (2001), NASA, CODAS (Smith y Reynolds, 2003), y Laboratorio Climatológico Sudamericano de la Fundación Caldenius, con series temporales comunes en el intervalo: 1909-2010 para el análisis estadístico, y 1948-2010 para el Reanalysis I, registrados en abril-septiembre, principal periodo de alimentación pluvinivalenlos Andes Centrales. El resto de los índices analizados fueron descriptos en Poblete, *et al.*, 2001, Poblete *et al.*, 2005, más los construidos actualmente, que se detallan en la descripción de cada uno de ellos (véase Figura 2).

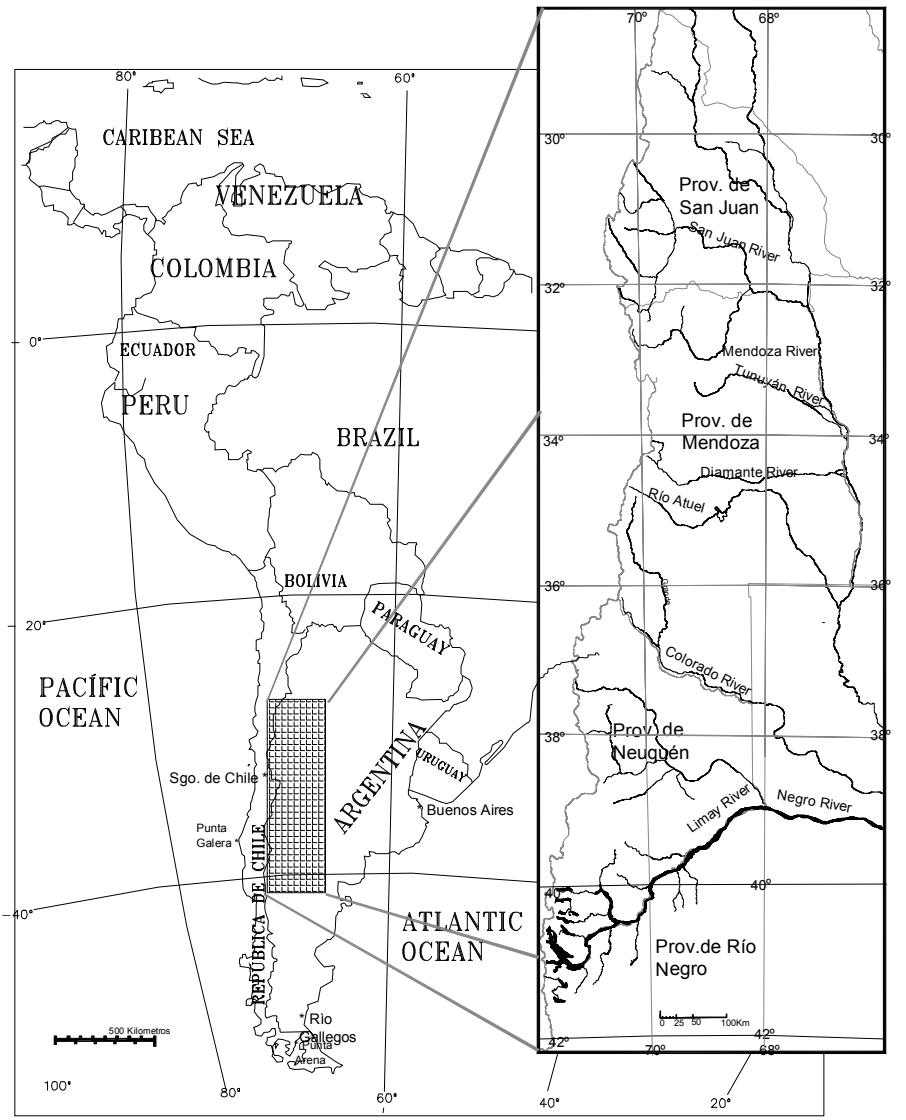


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

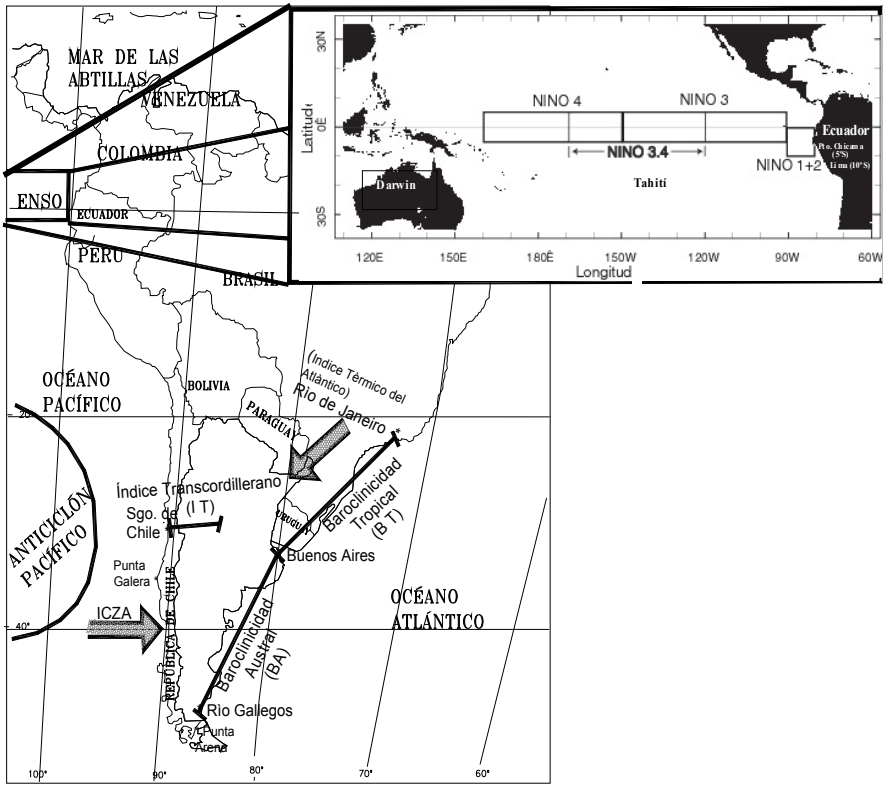


Figura 2. Ubicación geográfica de los índices atmosféricos y de la cupla océano-atmósfera usados en este trabajo (elaboración propia y adaptación de figura obtenida de <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindic>.

Índices atmosféricos

I Baroclinicidad Austral, medida con tres índices:

- i BA1: diferencias de anomalías de las temperaturas medias entre Buenos Aires (34º 35’ S y 58º 29’ W) y río Gallegos (51º 37’ S y 69º 17’ W)
- ii BA2: diferencias de anomalías de las temperaturas medias entre Mendoza (32° 53’ S y 68° 50’ W) y río Gallegos (51º 37’S y 69º 17’)
- iii BA3: diferencias de anomalías de las temperaturas medias entre Santiago de Chile (33° 26’ S 70° 4’ O) y río Gallegos (51º 37’ S y 69º 17’) (Minetti *et al.*, 2010).

La baroclinicidad indica la capacidad que tiene la atmósfera para generar disturbios o mecanismos precipitantes.

II Baroclinicidad Subtropical, calculada con los siguientes índices:
   i RB: diferencias de anomalías de las temperaturas medias entre Río de Janeiro (22° 54' S y 43° 13' W) y Buenos Aires.
   ii RT: diferencias de anomalías de las temperaturas entre Río de Janeiro (22º 54' S y 43º 10' W) y San Miguel de Tucumán (26° 49' S y 65° 12' W).

III Vientos del "Oeste", cuya actividad es estimada con el Índice de Circulación Zonal Austral (ICZA), calculado mediante las diferencias de presión atmosféricas entre Punta Galera (40º 41' S y 73º 44' W) y Punta Arenas (53º 10' S y 70º 54' W) en Chile (Minetti, 1985; Minetti y Sierra, 1989; Vargas y otros, 1995).

IV Actividad anticiclónica en el Centro de Chile o del borde oriental del anticiclón del Pacífico Sur, estimada mediante la Anomalía de la Amplitud Térmica (ATSGO) y la presión atmosférica en Santiago de Chile (PSGO), (Minetti *et al.,* 1982).

V Posición latitudinal del anticiclón subtropical del Pacífico Sur (LSAP) en el periodo 1901-2004, obtenida por los autores y descripta en otro trabajo (Minetti *et al.*, 2009).

VI Circulación a barlovento y sotavento en los Andes Centrales, estimada con el Índice de diferencias de presión atmosférica entre Santiago de Chile y Córdoba (31° 25' S y 64° 11' W) (DPSGCB), (Minetti *et al.*, 1993).

VII Actividad acoplada de los anticiclones del Pacífico y Atlántico Sur, cuantificada con las diferencias de presión atmosférica entre Santiago de Chile y Buenos Aires (DPDSGBU).

VIII Estado barométrico en el Río de La Plata y su entorno, estimada con la anomalía de presión atmosférica en la ciudad de Buenos Aires (PBUE).

IX Estado barométrico en el borde occidental del anticiclón del Atlántico sur, calculado por medio de la presión atmosférica en Río de Janeiro (PRIO).

X Estado barométrico en el centro de Argentina estimada con la anomalía de la presión atmosférica en la ciudad de Córdoba (PCBA).

XI Estimación de la alternancia de la advección de masas tropicales/subpolares, cuantificada con la temperatura mínima en la ciudad de San Miguel de Tucumán (TISMT), (Minetti *et al.*, 2008).

XII Estimación de la nubosidad/precipitación en el noroeste argentino, valuada con la temperatura máxima de San Miguel de Tucumán (TXSMT), (Minetti *et al.*, 2012).

XIII Valuación de la nubosidad en el Río de La Plata y su entorno por medio de la temperatura máxima en la ciudad de Buenos Aires (TXBUE).

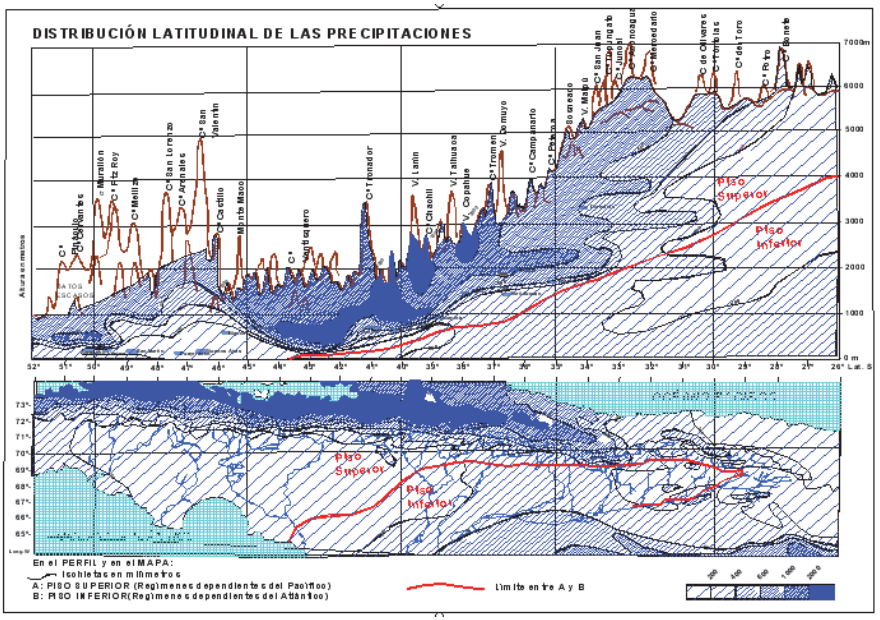


Figura 3. Esquema latialtitudinal en donde se aprecia la relación entre agua precipitada y derrame de los ríos cordilleranos. Obsérvese la ubicación de las respectivas cuencas de acuerdo al piso superior (dependiente del Pacífico) y piso inferior (dependiente del Atlántico), según Bruniard y Moro (1990).

XIV Oscilación Cuasi-Bienal (QBO), calculada a partir del promedio del viento zonal en 30mb sobre el Ecuador. Es una fluctuación cuasi-periódica del mismo, entre los vientos del Este y del Oeste en la estratósfera tropical, con un periodo medio de 28 meses. El régimen de alternancia del viento se desarrolla en la cima de la baja estratósfera y descendiendo aproximadamente un kilómetro por mes, hasta que se disipan en la tropopausa tropical. Ese movimiento de descenso de la circulación de los Alisios es normalmente más irregular que la circulación de los "oestes". La amplitud de la fase oriental, es dos veces más intensa que la de la fase occidental. En el tope del rango de la QBO vertical, los "estes" dominan, mientras que en la base, lo hacen los "oestes" (Baldwing *et al.*, 2001).

XV Índice llamado AAO (Oscilación Antártica), construido para identificar los modelos de las principales teleconexiones en la circulación atmosférica circumpolar. Se obtiene de aplicar funciones empíricas ortogonales (EOF) a la media de anomalías mensuales de la altura de los 700hPa, entre los 20° S y el

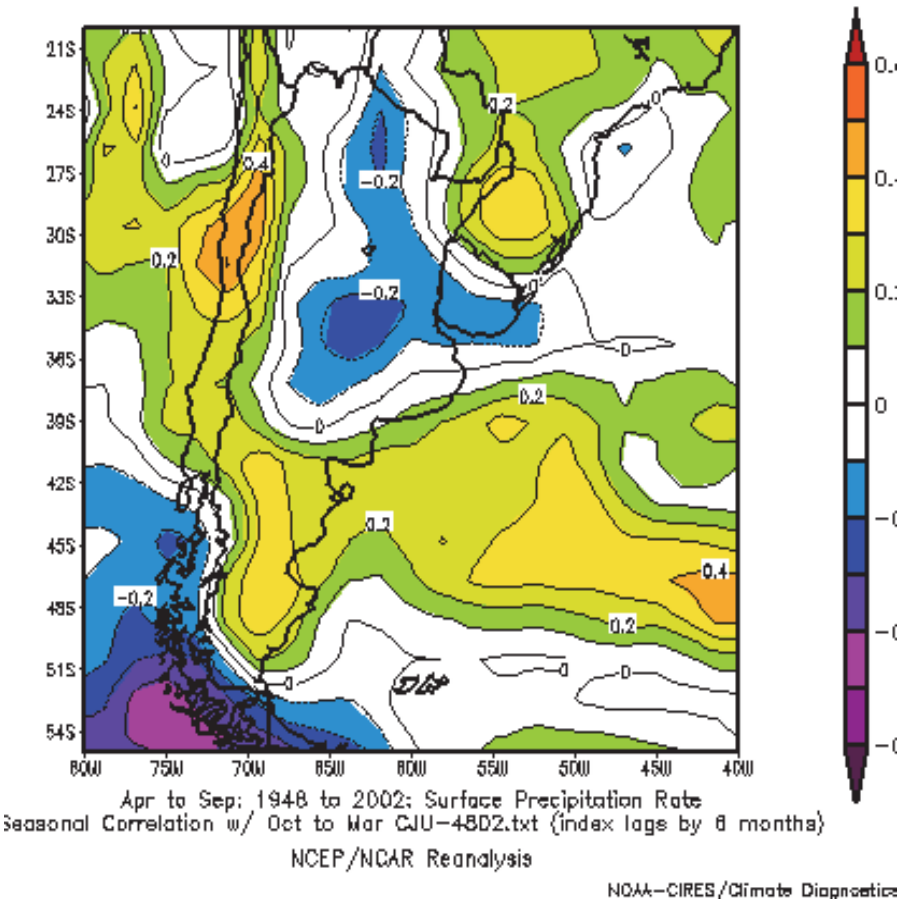


Figura 4. Validación mediante el Reanalysis I de la representatividad del río San Juan como índice hidroclimático de los Andes Centrales. Se correlacionan las precipitaciones caídas en los mismos (periodo abril-septiembre) y los caudales en el lapso octubre-marzo.

Polo Sur. Otros autores lo definen como el componente principal de las anomalías del geopotencial de 850hPa de altura, al Sur de los 20º S (Gong y Wang, 1998).

Índices oceánicos

XVI Temperaturas Superficiales del Mar (SST), en especial las observadas en el área denominada Niño 3+4 (NOAA), (Rasmusson y Wallace, 1983).

XVII Estado térmico del Océano Atlántico asociado a la principal fuente de humedad del territorio argentino (Aceituno, 1987), estimado con las Anomalías de las Temperaturas mínima media (TIRIO) y media de Río de Janeiro (TRIO).

XVIII Oscilación Decadal Pacífica (PDO), obtenida del primer componente principal de las anomalías de las SST mensuales en el océano Pacífico Norte (Mantua, 2001).

XIX Índice del Atlántico Sur Tropical (TSA), que es la anomalía del promedio de las SST mensuales desde el Ecuador a 20º S y desde 10º E a 30º W (GISST, 2012). La NOAA y OI usan conjuntos de datos satelitales oceánicos para calcular este índice (Enfield *et al.*, 1999).

XX Oscilación Multidecenal Atlántica (AMO) es una fluctuación en las series de tiempo de las temperaturas superficiales del mar (SST) en el Océano Atlántico Norte. Fue identificada en el año 2000 y dicho índice se elaboró en 2001 como la media móvil (lag de diez años) de las anomalías sin tendencia de las SST del Atlántico, al norte del Ecuador (Schlesinger, 1994).

XXI NAO es el índice que cuantifica la Oscilación del Atlántico Norte, mostrando el comportamiento de la variabilidad atmosférica en el hemisferio septentrional, particularmente en invierno. Se calcula sobre la base de la diferencia entre las presiones atmosféricas normalizadas a nivel del mar sobre Gibraltar (o Portugal, o las Azores) y el suroeste de Islandia (baja polar) (Jones *et al.*, 1997).

Otros índices globales

XXII El Índice de Flujo Solar (*Solar Flux Index* —SFI) cuantifica las emisiones del Sol en la banda de radio centimétricas. Se deben principalmente al plasma coronal atrapado en los campos magnéticos existentes en las regiones solares activas. Existe, por tanto, una relación entre el nivel de actividad del Sol y estas emisiones, que se refleja en el SFIo F10.7. Este es una medida del flujo solar por unidad de frecuencia a una longitud de onda de 10.7cm <http://www.ipellejero.es/hf/manpanhf.html> (Abetti, 1952).

Metodología empleada

Se utiliza el índice de correlación de Pearson cuyo estadístico muestral tiene la forma:

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{n s_x s_y} = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}\,\sqrt{n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}.$$

Donde *xi* e *yi* son variables, n nº de datos, sx, ysx y xm e ym, las respectivas desviaciones estándar y medias.

La significación se obtiene de las tablas usuales (Draper N.R. y H., Smith, 1976; Hammond, R.; Mc Cullagh, P., 1974).

Para el análisis espacial se utiliza el Reanalysis I NCEP/NCAR.

Resultados y discusión

La Tabla 1 y la Figura 5 muestran las correlaciones entre los índices descriptos y el derrame anual del río San Juan. Se observa que la mayor asociación directa es con las SST en el área Niño 3+4 (r= 0.59), seguidos por la presión atmosférica de Santiago de Chile, estimada con PSGO (r= -0.57) y ATSGO (r= -0.48), representativas de la actividad del anticiclón del Pacífico Sur, y en tercer lugar los vientos constantes del Oeste (westerlies) estimados con el ICZA (r= -0.53), estos últimos asociados de manera inversa. Le siguen en orden de importancia la condición barométrica en la costa atlántica bonaerense (PBUE= -0.44), el estado barométrico del centro de Argentina (PCBA= -0.41), también ambas con asociación inversa. Continúan la Oscilación Decadal Pacífica (PDO= 0.37), temperatura de Río de Janeiro (TRIO= 0.31) y temperatura mínima de San Miguel de Tucumán (TISMT= 0.30), todas con asociaciones directas, éstas estiman la advección de masas cálidas y húmedas provenientes de Océano Atlántico.

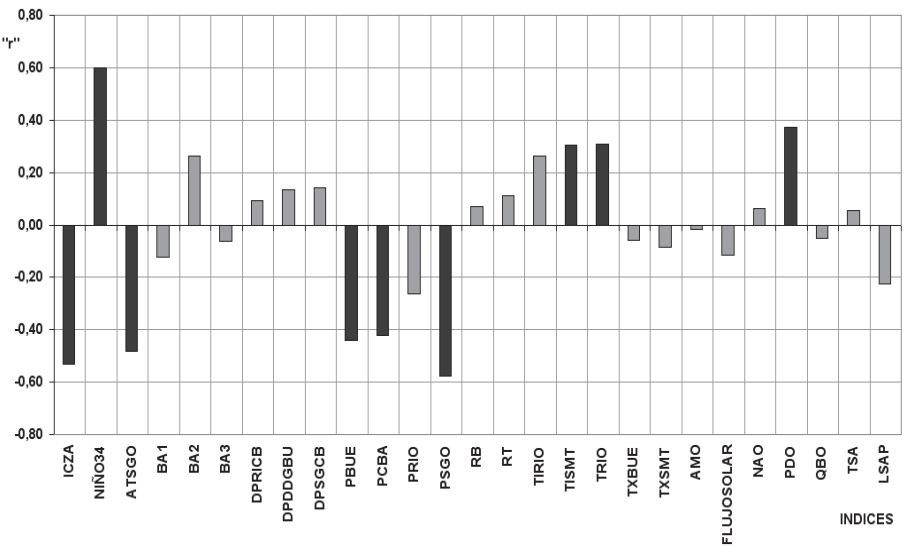


Figura 5. Representación gráfica de la información mostrada en la Tabla 1.

Tabla 1
Correlaciones entre los índices y el derrame anual del río San Juan.
El sombreado representa la significación estadística a un nivel del 95%

Indice	*Factor o agente que representa*	*R de Pearson*
ICZA	Vientos constantes del oeste	**-0,530859**
NIÑO 3+4	ENSO en la región 3+4	**0,597755**
ATSGO	Actividad del anticiclón del Pacífico Sur,	**-0,481388**
BA1	Baroclinicidad entre Buenos Aires-Río Gallegos	**-0,123172**
BA2	Baroclinicidad entre Mendoza-Rio Gallegos	**0,262173**
BA3	Baroclinicidad entre Sgo. de Chile- Río Gallegos	**-0,063994**
DPRICB	Diferencia de presión atmosférica Río de Janeiro-Córdoba	**-0,092447**
DPDSGBU	Actividad acoplada de los anticiclones del Pacífico y Atlántico Sur	**0,133461**
DPSGCB	Circulación a barlovento y sotavento en los Andes centrales	**0,140859**
PBUE	Condición barométrica en la costa atlántica bonaerense	**-0,440436**
PCBA	Condición barométrica en el centro de Argentina	**-0,419956**
PRIO	Presión atmosférica en el borde occidental del anticiclón del Atlántico Sur	**-0,261632**
PSGO	Actividad del anticiclón del Pacífico Sur	**-0,578359**
RB	Baroclinicidad Subtropical este	**0,071418**
RT	Baroclinicidad Subtropical norte	**0,110095**
TIRIO	Estado térmico del Océano Atlántico	**0,264133**
TISMT	Medición de la alternancia del flujo de masas tropicales/subpolares	**0,305134**
TRIO	Estado térmico del Océano Atlántico central	**0,307322**
TXBUE	Valuación de la nubosidad en el Río de la Plata	**-0,059748**
TXSMT	Estimación de la nubosidad/precipitación en el Noroeste Argentino	**-0,086899**
AMO	La media móvil (lag de diez años) de las anomalías sin tendencia de las SST del Atlántico, al norte del ecuador	**-0,017698**
FLUJO SOLAR	Este es una medida del flujo solar por unidad de frecuencia a una longitud de onda de 10,7cm	**-0,115402**
NAO	Se calcula como la diferencia entre las presión atmosféricaes normalizadas a nivel del mar sobre	**0,061259**
PDO	Se obtiene del primer componente principal de las anomalías de las SST mensuales en el Océano Pacífico Norte.	**0,371220**
QBO	Oscilación cuasi-bienal que se presenta en los vientos zonales sobre el Ecuador	**-0,049948**
TSA	Anomalía del promedio de las SST mensual mensual desde el ecuador a 20ºS y desde 10ºE a 30ºW	**0,053589**
LSAP	Posición latitudinal del anticiclón subtropical del Pacifico Sur	**-0,223295**

Se destaca la significativa asociación entre la temperatura superficial del mar (SST del área El Niño 3+4) y factores de circulación que originan la precipitación en la cuenca del río San Juan.

La validación espacial de las correlaciones descritas se realizan con datos del Renalysis I a continuación.

La Figura 6 muestra las isocorrelaciones entre las temperaturas superficiales del mar en el periodo abril-septiembre asociadas con los caudales del río San Juan en el lapso octubre-marzo, se nota que hay una correlación muy significativa con el área Niño3+4, confirmando lo encontrado por otros autores (Troup, 1965; Rasmusson y Wallace, 1983; Aceituno, 1987; Poblete y Sánchez, 2000; Poblete y Minetti, 2003). También se observa una asociación directa pero más débil entre la temperatura del mar en el Atlántico Sur, que confirma la asociación encontrada con la temperatura media de Río de Janeiro (véase TRIO en Cuadro I y Figura 5). Nótese que en el Pacífico Sur adyacente a las costas patagónicas fueguinas la correlación es inversa, es decir que cuando los derrames son altos, las SST están frías en ese sector.

La Figura 7 muestra la correlación entre ATSGO, que estima la actividad del anticiclón del Pacífico Sur, con la precipitación en el área de estudio. Se observa una asociación inversa muy significativa entre ambos. Esto no sólo indica la intensidad, sino también la expansión del anticiclón sobre el norte de la Patagonia con el respectivo desplazamiento de las depresiones, vaguadas y frentes hacia el sur en situaciones de sequía y viceversa en la fase opuesta. Al igual que ATSGO, el índice PSGO tiene una correlación inversa significativa mostrada en la Figura 8. Esto confirma lo hallado anteriormente, aunque las áreas de asociación tienen algunas diferencias significativas, las cuales radican en que la PSGO tiene una incidencia directa a lo largo de toda la Cordillera Central sobre Chile, mientras que la ATSGO expande la correlación sobre el norte de Patagonia y el Océano Atlántico Sur. Esto se debería al impacto del amplitud térmica de Santiago sobre la nubosidad y por carácter transitivo con la precipitación (Minetti *et al.*, 2012).

La correlación negativa y significativa entre la precipitación del área de estudio y el índice de circulación zonal austral (ICZA), mostrada en la Figura 5 y Cuadro 1, es corroborada espacialmente en la Figura 8, que indica que "oestes más activos" en altas latitudes hacen que el anticiclón del Pacífico se intensifique y extienda, interfiriendo en el desplazamiento de los mecanismos de precipitación en latitudes medias y bajas (Poblete A.G., 2012); por el contrario, "oestes débiles" inducirían mayor actividad depresionaria en latitudes altas que, a su vez, generarían mayores precipitaciones en las mismas (Rex, 1950; Grandoso y Nuñez, 1955; Arkin, 1982; Minetti *et al.*, 1990; Garreaud y Battisti, 1999).

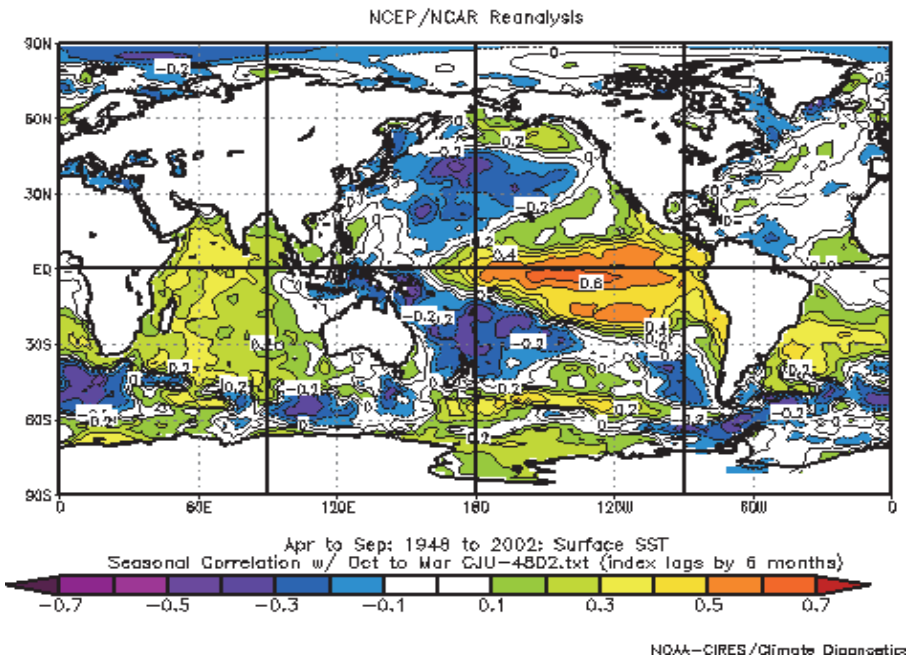


Figura 6. Caudales del río San Juan entre octubre y marzo correlacionados con la temperatura superficial del mar (SST) en abril-septiembre.

En la Figura 9 se muestra la isocorrelación entre la presión atmosférica en Buenos Aires (PBUE) con las precipitaciones en el área de estudio. Se confirma la asociación inversa encontrada, puesto que una alta presión en el entorno del Río de La Plata inhibe la precipitación en toda el área subtropical del Hemisferio Sur. Por otra parte presiones elevadas sobre la zona continental de Argentina (PCBA) (véase Figura 10) están asociadas con disminuciones en las precipitaciones sobre la Cordillera Central al bloquear la actividad depresionaria sobre Chile central y norte.

El ICZA (Figura 11) muestra lo esperado, con aumento en la precipitación frente a un incremento de la circulación del oeste sobre Chile (barlovento) y disminución de ésta a sotavento. Esta reducción a sotavento que regula a esta porción de la Diagonal Árida Sudamericana se extiende en la zona central y norte de la Cordillera. La correlación inversa entre la circulación zonal austral y central en Cuyo, puede verse en dicha figura. Esta variable junto con la ATSGO y la PSGO serían los principales diagnosticadores de las precipitaciones en el sector tratado.

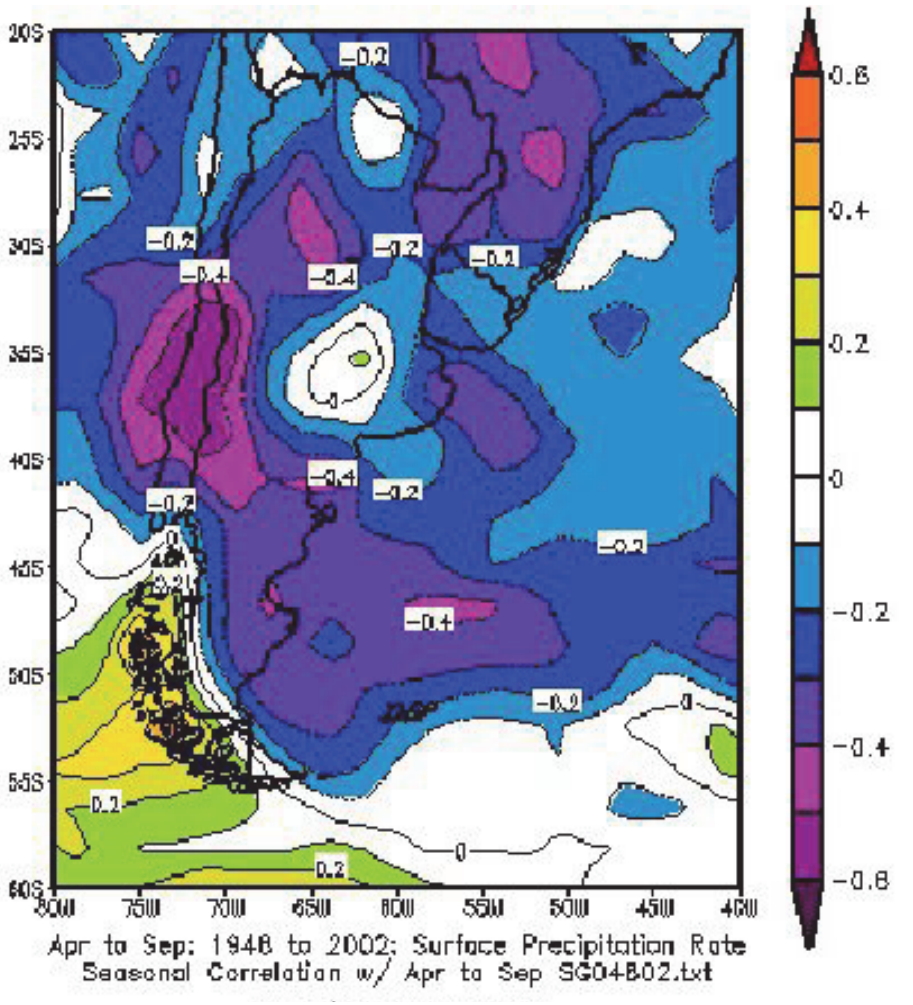


Figura 7. Isocorrelaciones entre la amplitud térmica de Santiago de Chile (ATSGO) y el ratio de precipitación en el área de estudio, en el periodo abril-septiembre.

La PDO está correlacionada directamente (r= 0.37) con la caída de nieve en la cuenca, observándose un incremento de esta correlación con precipitaciones más al norte de ésta en La Puna. Aunque los valores de la misma son más bajos en general, se recuerda que esta variable está representando indirectamente a los cambios lentos del ENSO y, por lo tanto, a la mayor parte de la variabilidad de las altas frecuencias de las precipitaciones, por lo que quedarían, de hecho, excluidas en ésta asociación.

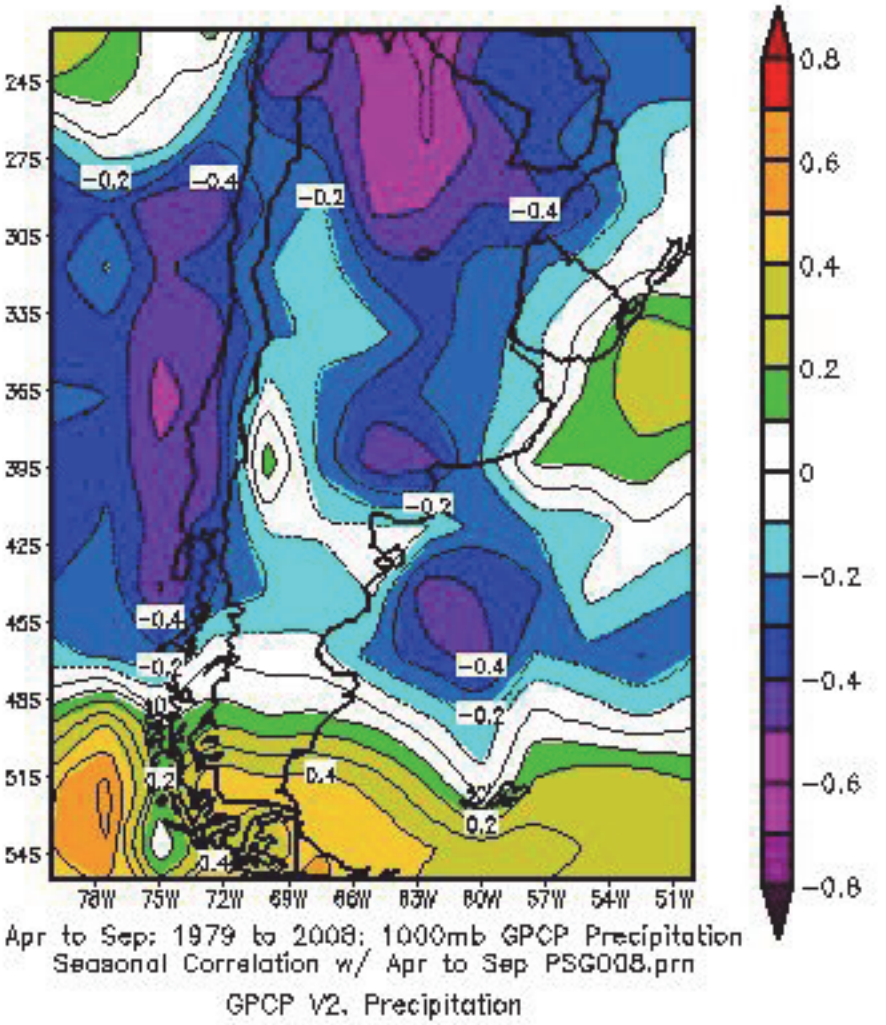


Figura 8. Isocorrelaciones entre la Presión Atmosférica en Santiago (PSGO) y el ratio de precipitación en el área de estudio, en el periodo abril-septiembre.

La Figura 12 ratifica parcialmente, desde el punto de vista areal, la asociación directa entre la temperatura mínima de San Miguel de Tucumán (TISMT, r= 0.30), que estima la naturaleza de las masas de aire en el NOA y su posible tránsito hasta la región de estudio y las precipitaciones del periodo abril-septiembre.

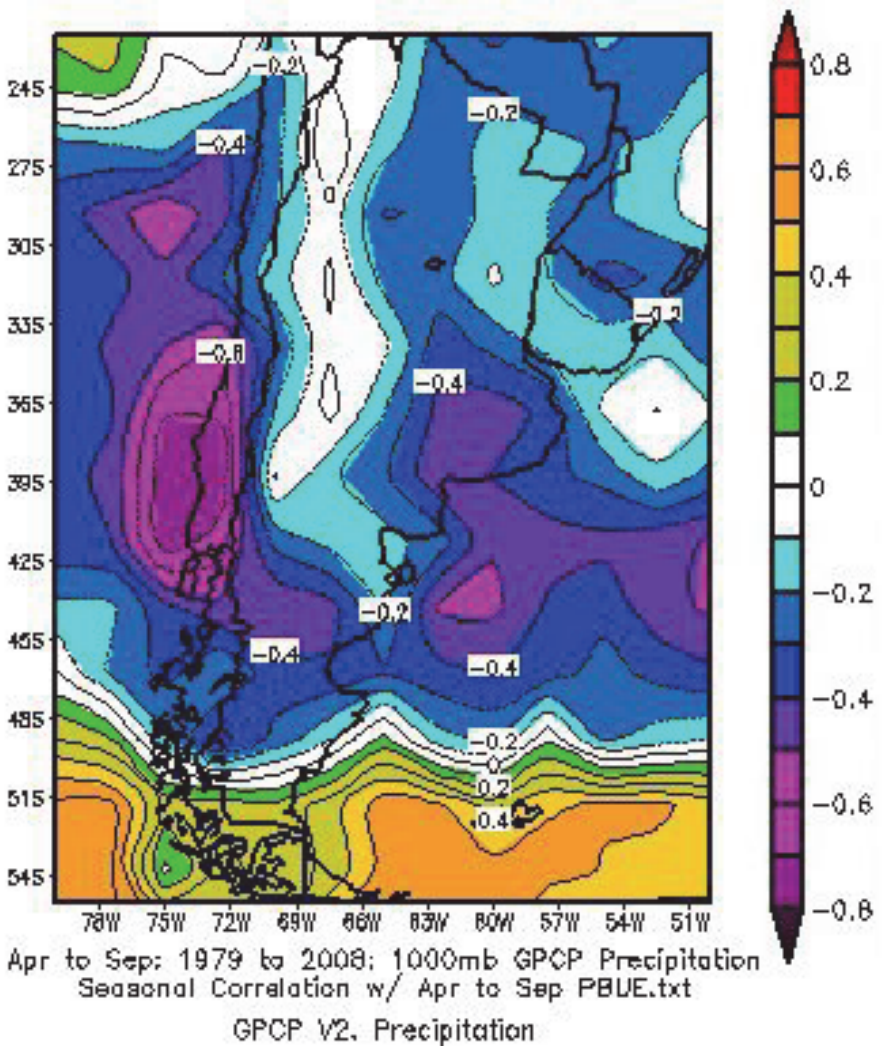


Figura 9. Isocorrelaciones entre PBUE y las precipitaciones en el periodo abril-septiembre.

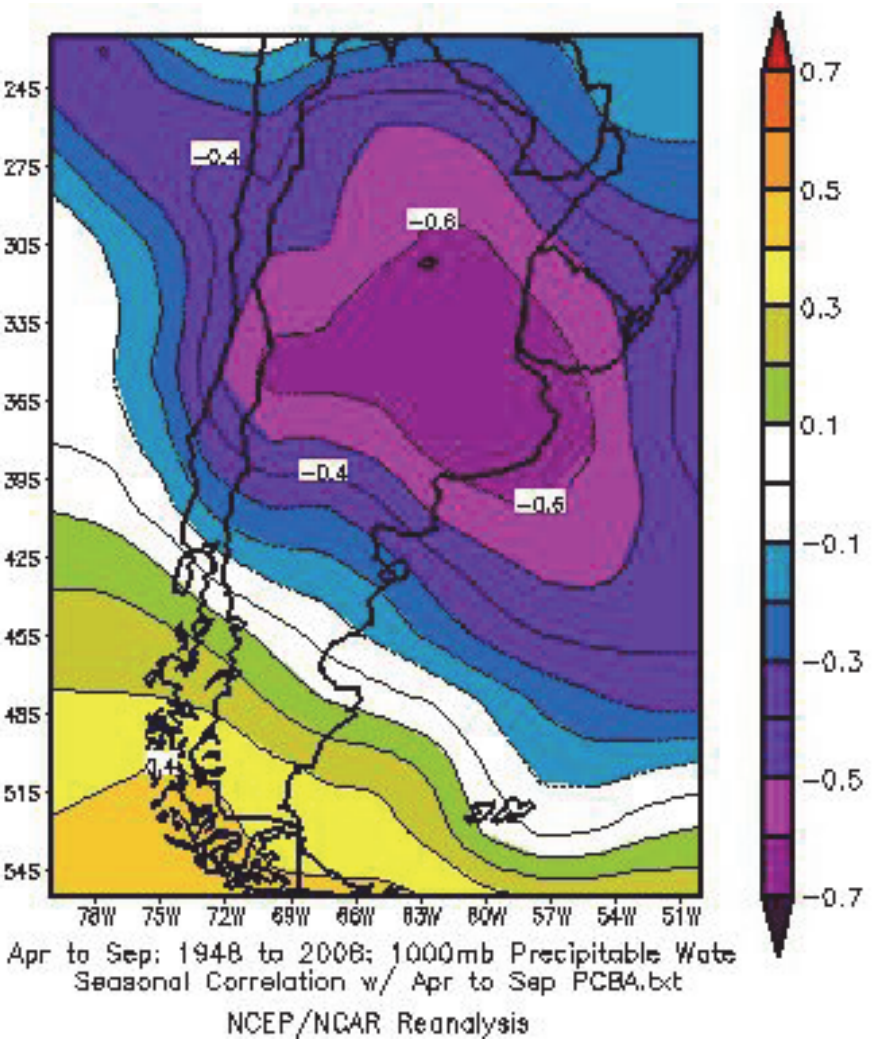


Figura 10. Isocorrelaciones entre el PCBA y las precipitaciones en el periodo abril-septiembre.

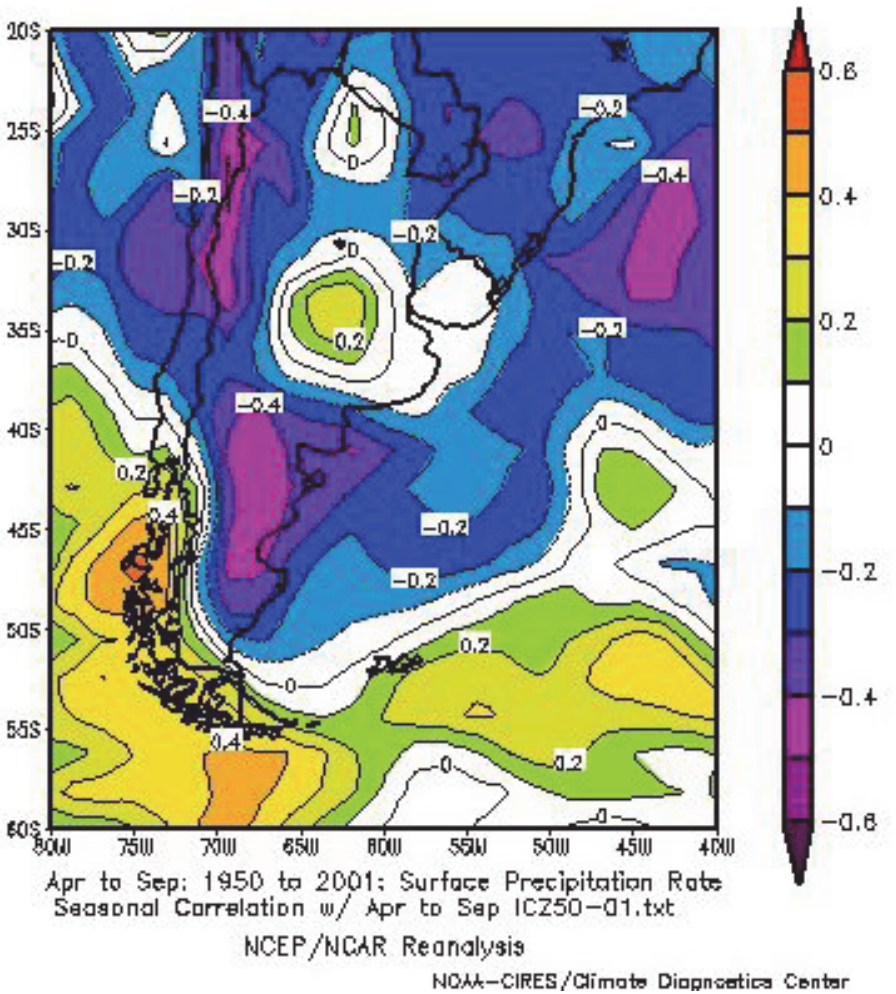


Figura 11. Isocorrelaciones entre el ICZA(que mide a los vientos constantes del Oeste) y el ratio de precipitación, en el periodo abril-septiembre.

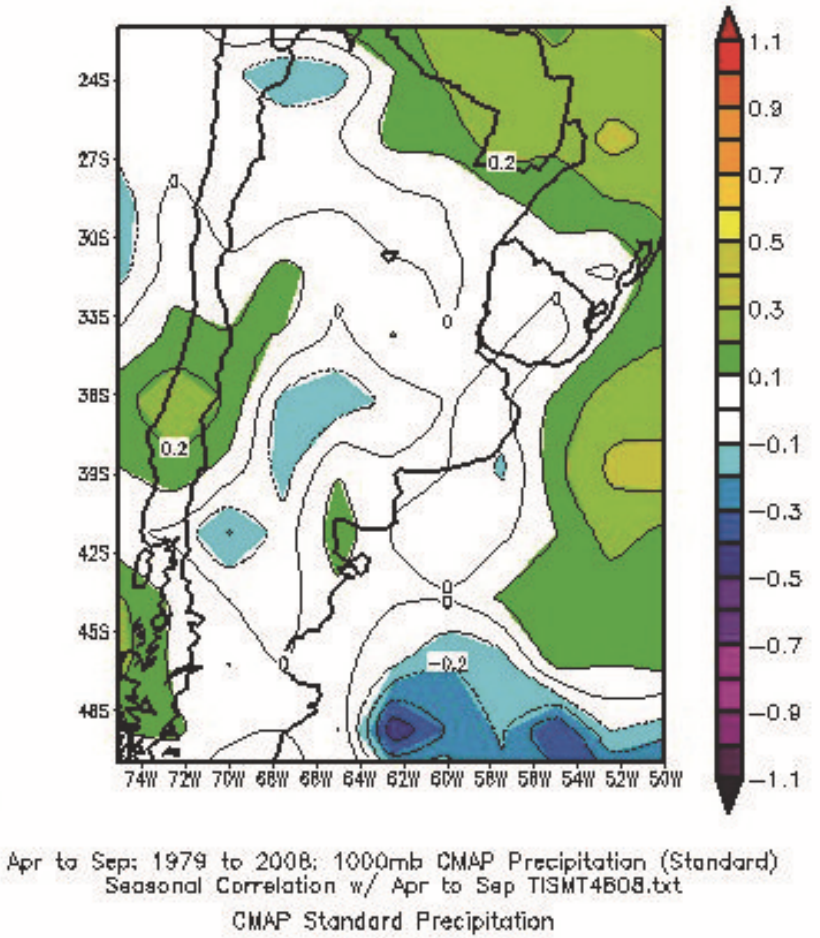


Figura 12. Isocorrelaciones entre la temperatura mínima de San Miguel de Tucumán y las precipitaciones del periodo abril-septiembre.

Conclusiones

Se confirmó la gran influencia que tienen las SST del océano Pacífico Ecuatorial (área Niño 3+4) sobre la hidroclimatología de los Andes Centrales (específicamente en la cuenca del río San Juan) en el periodo abril-septiembre.

También se verificó que el anticiclón del Pacífico Sur es el factor que le sigue en importancia al anterior, puesto que expandido/debilitado inhibe/propicia las precipitaciones en los Andes Centrales y su entorno. Esto puede estimarse mediante índices como la PSGO, ATSGO y PBUE.

El tercer factor relevante es el comportamiento de la intensidad de los westerlies evaluados por el ICZA, que tienen una relación inversa con las precipitaciones en la región estudiada, debido a la asociación indirecta con el flujo zonal del oeste en latitudes altas y medias.

También existe una correlación directa entre la PDO y la caída de nieve, lo que resulta de una teleconexión entre las condiciones lejanas de la temperatura del Océano Pacífico norte. La misma debería ser analizada en función de las correlaciones por frecuencia de oscilación, ya que el valor PDO es de por sí una variable que representa la variabilidad baja del espectro. Este aspecto no se ha tratado en este trabajo, pero sí en otro artículo de los autores.

Un Océano Atlántico caliente favorece las precipitaciones pero de manera débil, al igual que las temperaturas mínimas del NOA, y no representan asociaciones importantes para el diagnóstico.

Se verificó la utilidad del Reanalysis I para discriminar arealmente los mecanismos precipitantes que influyen en la hidroclimatología de las cuencas de los ríos cordilleranos de los Andes Centrales.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional de San Juan y la ANCYT, PICTO-UNSJ-2009-0150-BID, por sus aportes económicos en el desarrollo de este trabajo.

También agradecemos a Variabilidad Espacial y Temporal del Clima de San Juan (Argentina) y su posible relación con el Cambio Climático Global. Cod. F916. Res. Nº 37/11- Cs. CICITCA-UNSJ.

Al Laboratorio Climatológico Sudamericano (LCS), Secretaría de Energía por los datos proporcionados para esta investigación. También se agradece al NCEP/ENCAR y la NOAA por los datos del Reanalysis y su tratamiento.

Bibliografía

Abetti, G., *El Sol*, Manuales de Eudeba, 1952, 315 pp.

Aceituno, P.A., *On the interanual variability of South American climate and Southern Oscillation*, Ph.D. Thesis, University of Wisconsin, Madison, 1987.

Arkin, P.A., "The relationship between interannual variability in the 200 mb tropical wind field and the Southern Oscillation", *Monthly Weather Review*, no. 110, pp. 1393-1404, 1982.

Baldwin, M.; L., Gray; T., Dunkerton; K., Hamilton; P., Haynes; W., Randel, J., Holton; M., Alexander; I., Hirota; T., Horinouchi; D., Jones; J., Kinnersley; C., Marquardt; K. Sato y M. Takahashi, "The Quasi-biennial oscillation", *Review of Geophysics*, no. 39, pp. 179-229, 2001.

Benitez, G.A. y F.H. King, "El ecosistema chileno: comportamiento del ciclo hidrológico en el centro de Chile", Jornadas del agua y el futuro regional de Mendoza, Gobierno de Mendoza, Argentina, Actas de la reunión, 1977.

Bruniard, E.D., "La diagonal árida argentina: un límite climático real", *Revista Geográfica*, núm. 95, pp. 5-20, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 1982.

Bruniard, E. y C. Moro, *Los regímenes fluviales de alimentación sólida en la República Argentina*, Academia Nacional de Geografía, Buenos Aires, 1990, 81 pp.

Draper N.R. y H. Smith, *Applied Regression Analysis*, Wiley, New York, 1976, 186 pp.

Enfield, D.B.; A.M., Mestas; D.A., Mayer and L. Cid-Serrano, "How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures?", *Journal of Geophysical Research: Oceans*, no. 104, pp. 7841-7848, 1999.

Garreaud R.D. y Battisti, D.S., "Interannual (ENSO) and interdecadal (ENSO-like) variability in the Southern Hemisphere tropospheric circulation", *Journal of Climate*, no. 12, pp. 2113-2123, 1999.

Gong, D.Y. y S.W. Wang, "Antarctic Oscillation: concept and applications", *Chinese Science Bulletin*, no. 43, pp. 734-738, 1998.

Grandoso, H.N. y J.E.Nuñez, "Análisis de una situación de bloqueo en la parte austral de América del Sur", *Meteoros*, núms. 1-2, pp. 35-54, Buenos Aires, 1955.

Hammond, R., Mc Cullagh, P., *Técnicas cuantitativas en geografí*a, Editorial Saltes, Madrid, 1974, 145 pp.

Jones, P.D., Jonsson, T. y Wheeler, D., "Extension to the North Atlantic oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland", in *International Journal Climatolology*, vol. 17, pp.1433-1450, 1997.

Lupano, C.F., "La cuenca del río San Juan", Subsecretaría de Recursos Hídricos de la República Argentina. Disponible en: <www.hídricosargentina.gov.ar> del INDEC, Buenos Aires, 2008.

Mantua, N.J., "Pacific-Decadal Oscillation (PDO)", pp. 592-594, in *Encyclopedia of Global Environmental Change*, vol. 1, The Earth system: Physical and chemical dimensions of global environmental change, J.Wiley & Sons Ltd., Chichester, 2001.

Menegazzo, M.I.; J.L., Minetti; M.C., Carletto y P.M., Barbieri, "Régimen de variabilidad estacional y aperiódico de los escurrimientos superficiales de ríos andinos", *Revista de Geofisica*, vol. 41, pp. 159-176, Madrid, 1984.

Minetti, J.L., "Precipitación y escurrimientos superficiales de ríos Andinos", *GEOACTA*, núm. 13, pp. 167-179, Buenos Aires, 1985.

Minetti, J.L.; S.M., Radicella; M.I., Menegazzo y J.C., Sal Paz, "La actividad anticiclónica y las precipitaciones en Chile y en la zona cordillerana Central Andi-

na", *Revista de Geofísica*, núm. 16, pp. 145-157, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 1982.

Minetti, J.L.; W.M., Vargas y A.G., Poblete, "La perturbación en la circulación zonal, que originaría el subcontinente sudamericano", *Revista de Geofísica*, núm. 33, pp. 161-178, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 1990.

———, "Comportamiento intraestacional e interanual del borde oriental del Anticiclón del Pacífico Sur", *Revista de Geofísica*, núm. 38, pp. 79-89, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 1993.

Minetti, J.L. y E.M. Sierra, "The influence of general circulation patterns on humid and dry years in the Cuyo Andean region of Argentina", *International Journal of Climatology*, núm. 9, pp. 55-68, 1989.

Minetti, J.L.; G., Naumann; W.M., Vargas y A.G., Poblete, "Las sequías en el largo plazo y sus precursores invernales", *Revista de Geografía*, núm. 12, pp. 26-37, IGA-UNSJ, San Juan, 2008.

Minetti, J.L.; W.M., Vargas; A.G., Poblete y E.A., Mendoza, "Latitudinal positioning of the subtropical anticyclone along the Chilean coast", *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, núm. 58, pp. 107-117, Australia, 2009.

Minetti, J.L.; W.M., Vargas; A.G., Poblete y M.E., Bobba, "Regional drought in the Southern of South America-Physical aspects", *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 25, no. 1, pp. 88-102, 2010.

Minetti, J.L.; W.M., Vargas; A.G., Poblete; L.R., de la Zerda y L.R., Acuña, "Regional drought in southern South America", *Theoretical Applied Climatology*, vol. 102, pp. 403-415, Springer-Verlag, 2010.

Minetti, J.L.; A.G., Poblete; W.M., Vargas y D.P., Ovejero, "Fluctuaciones de baja frecuencia en el clima y cambio climático", *El clima de Bolivia*, Ed. Minetti, 2012, 316 pp.

Poblete, A.G., "Circulación atmosférica regional sudamericana y cupla océano-atmósfera. Su influencia sobre la precipitación en las cuencas de los ríos andinos de Argentina y Chile", Jornadas de Ciencia y Técnica en la UNSJ, CD, San Juan, 2010.

Poblete, A.G.; J.L., Minetti y E.M., Sierra, "La influencia del régimen hídrico andino-puneño en el oasis del noroeste argentino y Cuyo", *Revista de Geofísica*, núm. 30, pp. 137-149, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 1989.

Poblete, A.G. y G., Sánchez, "Análisis de la posible asociación entre los derrames anuales del río San Juan y el fenómeno de El Niño/La Niña", *Revista de Geografía*, núm. 4, pp. 32-46, IGA-UNSJ, San Juan, 2000.

Poblete, A.G.; J.L., Minetti y G. del V., Sánchez, "Análisis de la variabilidad interanual de los ríos andinos de Cuyo y del Comahue con métodos multivariantes",

libro electrónico del IX Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología y VIII Congreso Argentino de Meteorólogos, Buenos Aires 11 al 17 de mayo de 2001.

Poblete, A.G. y Minetti, J.L., "Asociación entre cuantificadores del ENSO e índices de circulación atmosférica regional con el derrame del río San Juan", *Revista de Geografía*, núm. 7, pp. 26-33, IGA-UNSJ, San Juan, 2003.

Poblete, A.G.; Minetti, J.L. y W., Vargas, "Teleconexiones entre índices de circulación atmosférico-oceánico con los derrames anuales de los ríos de Cuyo y Comahue", Anales del IX Congreso Argentino de Meteorología, CAM, Buenos Aires, 3-7 de octubre, 2005.

Poblete, A.G.; J.L., Minetti y V., Valdez, "Asociaciones espaciales entre índices de circulación atmosférica regional y de la cupla océano-atmósfera, con los caudales del río San Juan-Argentina", *Revista de Geografía*, núm. 12, pp. 53-62, San Juan, 2008.

Quintana, J.M. y Aceituno, P., "Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43º S", *Atmósfera*, vol. 25, núm. 1, pp. 1-22, Mexico, 2012.

Rasmusson, E.M. y J.M., Wallace, "Meteorological aspects of El Niño/Southern Oscillation", *Science*, vol. 222, no. 4629, pp. 1195-1202, 1983.

Rex, D.F., "Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate", *Tellus*, vol. 2, no. 3, 1950.

Schlesinger, M.E., "An oscillation in the global climate system of period 65-70 years", *Nature*, no. 367, pp. 723-726, 1994.

Smith, T.M., y Reynolds, R.W., "Extended reconstruction of global sea surface temperatures based on COADS data (1854-1997)", *Journal of Climate*, vol. 16, no. 10, pp. 1495-1510, 2003.

Troup, A.J., "The Southern Oscillation", Q*uarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, no. 91, pp. 490-506, 1965.

Vargas, W.M.; J.L., Minetti y A.G., Poblete, "Statistical study of climatic jump in the regional zonal circulation over South America", *Journal of the Meteorological Society of Japan*, no. 73, pp. 849-856, 1995.

Revista Geográfica 154 *julio-diciembre 2013:115-131*

El terremoto de Lorca-Murcia, España (2011): interpretación morfotectónica

Mario Octavio Cotilla Rodríguez*
Diego Córdoba Barba*

Abstract

It is presented a morphotectonic interpretation of the Lorca earthquake, SW of Spain (may 11, 2011, Mw 5.2). The authors sustain an alternative interpretation on base of their research results. It was made before the earthquake occurrence. The earthquake is produced in a regional compressive field with some transversal seismic active structures where exist a blocks' interaction, faults and seismic knots.

Key words: *earthquake occurrence, faults, seismic knots, morphotectonic interpretation, Lorca.*

Resumen

Se presenta una interpretación morfotectónica del terremoto ocurrido en Lorca, localidad de Murcia, al sureste de España (11 de mayo de 2011, Mw 5.2). Se parte de los resultados de una investigación realizada por los autores antes de la ocurrencia del sismo y que permite sostener una interpretación alternativa a las expuestas por otros autores. Se justifica la ocurrencia del terremoto en un marco compresivo regional con la participación de estructuras activas transverso-diagonales que configuran una zona de debilidad tectónica donde hay interacción de bloques, fallas y nudos sismoactivos.

Palabras clave: *ocurrencia sísmica, fallas, nudos sismoactivos, interpretación morfotectónica, Lorca.*

* Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid, correos electrónicos: macot@fis.ucm.es; dcordoba@fis.ucm.es.

Introducción

La ocurrencia del terremoto de Lorca (Mw= 5.2 e Imax= 7), localidad de Murcia del SE de España, el día 11 de mayo de 2011 (16:47:26,0 horas), despertó un tremendo interés en la comunidad científica española (Figura 1). En este sentido, se han producido varias publicaciones científicas (Frontera *et al.*, 2012; González *et al.*, 2012; Instituto Geográfico Nacional (IGN), 2011; Instituto Geológico y Minero de España (IGM), 2011; International Association of Emergency Managers (IAEM), 2011; Irizarry *et al.*, 2011; López Comino *et al.*, 2012; Martínez Díaz *et al.*, 2012, 2011; Rueda *et al.*, 2011; Vissers y Mejninger, 2011), y un volumen, con 25 trabajos, dedicados a ese terremoto en la revista *Física de la Tierra*, de la Universidad Complutense de Madrid (eds. Buforn Peiró y Martínez Solares, 2012). Por otra parte, el interés de la prensa nacional (escrita, radial y televisiva) también fue muy importante. Las máximas figuras políticas españolas se presentaron en el lugar de los daños, y prometieron no pocas ayudas económicas que, lamentablemente, como en otras regiones del mundo, no llegan o son muy escasas para paliar la situación de los más desfavorecidos. De esto han transcurrido dos años y las quejas son evidentes y justificadas (Asamblea de vecinos de Lorca afectados por el terremoto, 2013; *El País*, 2013; Europapress.es, 2013; Laopiniondemurcia, 2012; Libertadigital.com, 2013; 20 minutos, 2013).

Este terremoto se asoció, sin ningún género de dudas por todos los especialistas a la falla Alhama de Murcia. Sin embargo, el terremoto principal, el premonitor y la réplica más fuerte no están en el trazo de la misma.

En el año 2009 en esta *Revista Geográfica* se publicó el trabajo "Morfotectónica de Murcia, España" (Cotilla Rodríguez y Córdoba Barba, 2009). En él se recogían, extensamente, los aportes para Murcia y su entorno de los especialistas sobre: 1) los terremotos históricos y la sismicidad del periodo instrumental, los mecanismos focales y las isosistas; 2) la tectónica y la geomorfología; 3) la sismotectónica, etc. Expusimos todo el procedimiento de la investigación morfotectónica que se aplicó, y se dieron los resultados, incluidas las figuras correspondientes. En este sentido se explicó que: 1) existe una zona de alineamientos que se corresponde, parcialmente, con la falla Alhama de Murcia, pero que está segmentada en varias partes donde configura nudos y bloques. Destacamos la inflexión de esa zona de alineamientos en el entorno de Lorca; 2) los cuatro terremotos recientes y fuertes en la zona estaban, espacial y temporalmente, muy próximos entre sí: 2a) Lorca-1977 (M= 4.2), 2b) Mula-1999 (M= 4.7), 2c) Bullas-2002 (M= 5.0), 2d) Bullas-2005 (M= 4.8); 3) determinamos que esos terremotos estaban localizados en un mismo macrobloque y un mismo mesobloque, pero en diferentes bloques; 4) comentamos que: 4a) las magnitudes eran aproximadamente similares, 4b) las magnitudes eran bajas, pero que habían producido daños importantes dada su poca profundidad e inmediata cercanía a núcleos urbanos; 4c) dichos terremotos con su magnitud, frecuencia y

cercanía no correspondían con la sismicidad histórica; 5) los epicentros no se localizaban sobre la traza de la falla Alhama de Murcia. Así se sostuvo que para Murcia: 1) sus características morfotectónicas eran más complejas que en el resto de España investigado (Asturias (Cotilla *et al.*, 2004), Galicia (Cotilla y Córdoba, 2009), y Sistema Central (Cotilla y Córdoba, 2007); 2) la sismicidad estaba relacionada con la compresión N-S determinada por Herraiz *et al.* (2000); 3) los eventos sísmicos más fuertes debían ser similares (magnitud, intensidad y profundidad) a los ocurridos en el periodo instrumental y no en el histórico.

Toda la metodología morfotectónica aplicada, por los autores, en la Península Ibérica (PI) se encuentra en los siguientes trabajos: Cotilla y Córdoba (2009, 2007, 2004a, b, 2003) y Cotilla *et al.* (2012, 2004). Aquí no se realizará una exposición detallada sobre las características de la PI y tampoco de Murcia. A los efectos se remite al lector a la publicación de Cotilla y Córdoba (2009), y sólo serán expuestos los aspectos imprescindibles para la exposición de las ideas.

Tectónica regional y sismicidad

La región Cordilleras Béticas-Alborán está situada en el área occidental del Mediterráneo, en el S de España. Éste es el extremo O del sistema orogénico alpino. La actual estructura se ha formado en los últimos 25 millones de años. Ella está situada entre las placas euroasiática y africana (Figura 1a). El movimiento de acercamiento de estas placas ha producido compresiones de dirección NNO-SSE y N-S que conlleva a una tectónica compleja con sistemas de fallas asociados N10-30E, N70-100E y N120-150E. El más importante resulta ser el segundo. La línea de costa, por lo general, y el eje principal de las Cordilleras Béticas tienen también la mencionada dirección predominante N70-100E del fallamiento. Este conjunto de fallas es importante en el desarrollo tectónico actual (Herraiz *et al.*, 2000). Posteriormente, Serpelloni *et al.* (2007) confirman la convergencia de las placas mencionadas anteriormente.

La sismicidad de la PI, y de España (Figura 1b) en particular, se considera moderada en relación con otros países de la zona del Mediterráneo, destacándose éstos como los de mayor nivel de Europa. Según la opinión de Mezcua *et al.* (1991) y Mezcua y Martínez-Solares (1983) la sismicidad de la región Ibero-Mogrebí puede ser esquematizada en tres grandes sectores (-30º O/-25º O, -25º O/-13º O, -13º O/-10º O), siendo el más activo el central. Esto deja fuera a Murcia. Por su parte, Udías y Buforn (1991) dedujeron, a partir de 14 mecanismos focales, que el patrón del esfuerzo tectónico regional es de máxima compresión horizontal en la dirección NO-SE. Esta sismicidad es la de mayor frecuencia y energía liberada, conocida como de entre placas y Murcia está enmarcada aquí. También Mezcua (1985) expuso un esquema sismotectónico del SE de España que incluyó a Murcia.

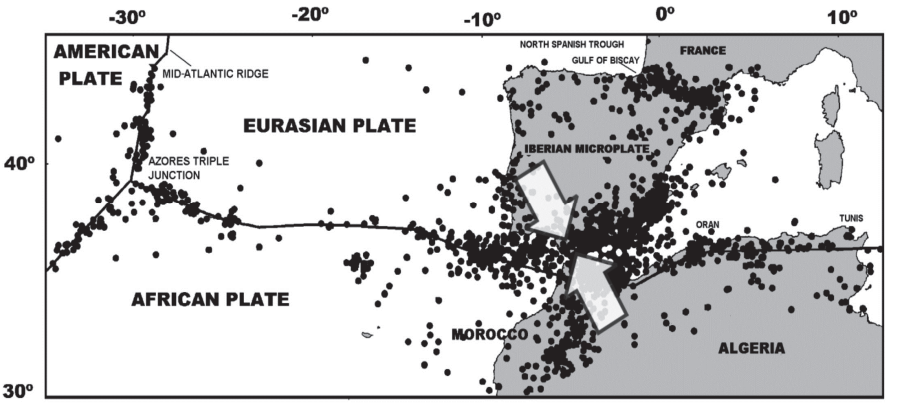


Figura 1a. Esquema tectónico de las placas y sismicidad del entorno de la Península Ibérica. Aparecen: 1) las placas euroasiática y africana; 2) los epicentros (círculos negros); 3) los esfuerzos principales (flechas blancas).

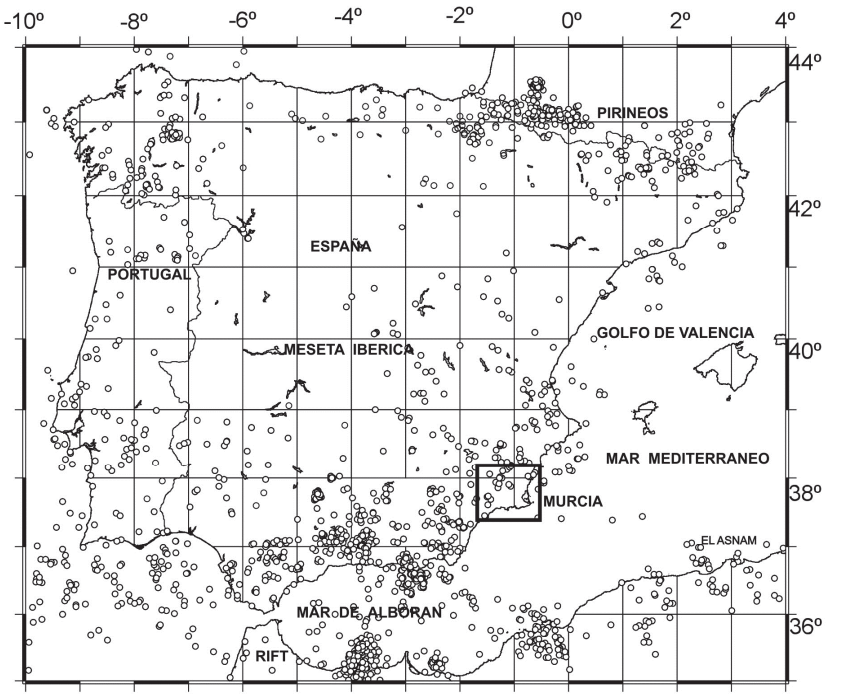


Figura 1b. Mapa de la sismicidad de la Península Ibérica.
Aparecen: 1) los epicentros (círculos) del periodo 1979-1998 (Instituto Geográfico Nacional); 2) un cuadrado cubre la región de estudio (Murcia).

En específico la sismicidad del SE de la PI se presenta en forma de series sísmicas con el correspondiente agrupamiento epicentral, temporal y espacial (Peña *et al.*, 1993). Concretamente, la región de Murcia cumple con ese patrón y posee un nivel de sismicidad moderado, dentro de la zona de interacción de placas, y un tensor de esfuerzos regional vinculado con la convergencia de las placas (Herraiz *et al.*, 2000). Como ejemplo de lo anterior, está la zona localizada entre los sistemas de fallas Crevillente y Alhama de Murcia. A ellas se han relacionado dos terremotos históricos fuertes: 1) Vera (I= 9 grados, MSK), y 2) Torrevieja (I= 10 grados, MSK). También en ese entorno han ocurrido, recientemente, cinco eventos sísmicos fuertes con sus correspondientes réplicas. Ellos son: 1) 6 de junio de 1977 (M= 4.2), al SO de Lorca; 2) 2 de febrero de 1999 (M= 4.8) al N de Mula; 3) 6 de agosto de 2002 (M= 5.0) al SO de Bullas (Avilés); 4) 29 de enero de 2005 (M= 4.7) en la Paca; 5) 3 de febrero de 2005 (M= 4.3) al NO de Lorca. Las series sísmicas de los eventos del 2002 y del 2005 cubren prácticamente la misma área (~20 km^2). Su figura es elíptica con el eje mayor N-S, entre Avilés y La Paca. Además, las soluciones de los mecanismos focales obtenidos son diferentes para los eventos, pese a su cercanía. Según Buforn y Sanz de Galdeano (2001) el terremoto principal de 1999 en Mula muestra movimiento inverso con plano de falla principal buzando al N. De acuerdo con el IAG el sismo del 2002 en Bullas tiene movimiento de tipo normal-izquierdo y plano nodal N-S. Y el evento de 2005 tiene solución similar al de 2002, pero de mayor componente de tipo normal que de desgarre. Esto nos permite interpretar que las fuentes sismogenéticas son diferentes a las fallas activas cercanas y antes mencionadas. Además, el terremoto de Lorca del año 1977 tiene sus isosistas orientadas N-S, lo cual no tiene explicación a no ser que exista un cruce de fallas activas.

Es conocido que la dinámica actual de la PI es una continuación natural en el tiempo del desarrollo histórico-geológico. Ésta está justificada con la sismicidad determinada, histórica e instrumentalmente, y por las características neotectónicas observadas. Los terremotos más fuertes de España, todos históricos, son cuatro de IX (MSK) y ocho de VIII (MSK) (Mezcua y Martínez Solares, 1983). Ninguno de ellos se localiza en Murcia. Sin embargo, en los catálogos del IGN (2011, 2002) y de Mezcua y Martínez Solares (1983) se destaca que en Murcia hay varios eventos sísmicos propios, al menos del periodo 1579-1917 (véase Figura 2). A partir de la interpretación de los datos de sismicidad se han definido fuentes sismogenéticas y se le ha caracterizado con valores de I= 5-7 grados (MSK) para periodos de 100, 500 y 1,000 años.

En Murcia hay dos grandes unidades sismotectónicas de aproximadamente igual área (ITGE, 1993): 1) Meridional (Águilas-Mazarrón-Cartagena-Carrascoy-Lorca-Sierra de la Espuña-Mula); 2) Septentrional (Caravaca de la Cruz-Calasparra). La unidad Septentrional tiene características neotectónicas y de sismicidad más nota-

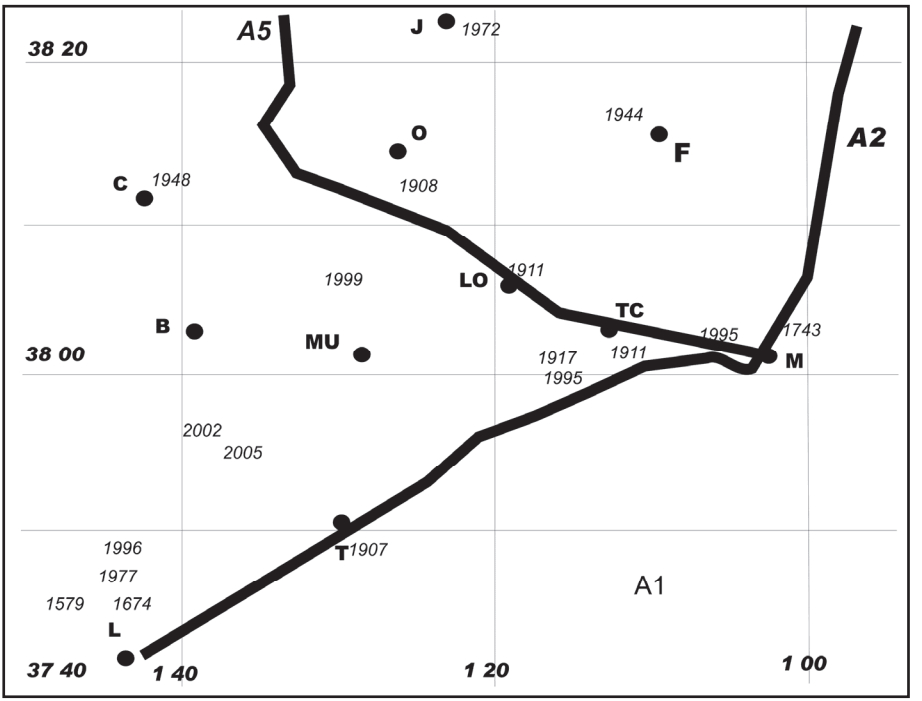


Figura 2. Selección de terremotos en Murcia.
Aparecen: 1) las zonas de alineamientos principales (A2 y A5), 2) las localidades (B= Bullas, C= Ceheguín, F= Fortuna, J= Jumilla, L= Lorca, LO= Lorqui, M= Murcia, 0= Ojos, T= Totana, TC= Torres de Cotillas); 3) los terremotos (año).

bles que la Meridional. El límite entre ellas coincide, aproximadamente, con la falla Norbética.

Entre las estructuras neotectónicas del SE de la PI destaca la zona de falla Alhama de Murcia (Bousquet, 1979; Bousquet y Montenat, 1974). Ella es una de las más extensas (~90 km) que atraviesa el SE de la Cordillera Bética. Su dirección es N45ºE-N65ºE desde el N de la depresión de Huercal-Overa hasta la localidad de Murcia. Esta zona de fallas coincide con un segmento del alineamiento A2. En específico coinciden, aproximadamente, entre las localidades de Lorca-Puerto Lumbreras y Huercal-Overa. La falla intercepta, de forma oblicua, a la falla Carrascoy aproximadamente en la localidad Alhama de Murcia, al S del bloque Sierra de Espuña. Entorno a Lorca hay una reconocida diferenciación de esta falla. Así, el segmento del NE se alinea hasta Sotana con la parte S de la Sierra de la Tercia al N; mientras que el segmento del S lo hace con el S de la Sierra de las Estancias. Ambos segmentos limitan el N de la cuenca del río Guadalentín. Es allí donde el ali-

neamiento A2 tiene una importante inflexión. También determinamos que el límite es el alineamiento L4, que coincide en ese sector con la falla de las Viñas. Ese alineamiento es de orden inferior a los mencionados A2 y A5.

Entre los diversos estudios, en la región murciana, con carácter neotectónico y sismotectónico que consideramos son importantes para nuestro trabajo destacamos nueve. De ellos expondremos que: 1) en las Béticas y Mar de Alborán Peña *et al.* (1993) determinaron que las alineaciones obtenidas mediante análisis de grupos coinciden espacialmente con muchos de los terremotos históricos destructivos; 2) en el S de la PI (incluida Murcia) se producen numerosos enjambres de sismos en las intersecciones de grandes fracturas, (López Casado *et al.*, 1987); 3) la falla Alhama de Murcia se estudió desde el punto de vista sismotectónico (Martínez Díaz y Hernández Enrile, 1992); 4) otro estudio sismotectónico se realizó en la falla Alhama de Murcia para explicar el terremoto de Lorca de 1977 (Martínez Díaz, 1999); 5) la sismotectónica del terremoto de Mula de 1999 fue enfrentada por Martínez Díaz *et al.* (1999); 6) la falla Lorca-Alhama demostró tener carácter fractal (Silva, 1996); 7) el entorno del río Mula fue investigado desde el punto de vista geomorfológico (Silva *et al.*, 1996); 8) este tipo de trabajo geomorfológico se realizó también en el sector de Lorca-Totana, concretamente con la falla de Alhama de Murcia (Martínez Díaz, 2000b); 9) trabajos de neotectónica en el área de la falla Las Viñas fueron realizados por Martínez Díaz (2000a).

De acuerdo con los resultados de Cotilla y Córdoba (2009) Murcia se distingue con respecto a Asturias y Galicia en cuanto a la presencia de nudos dobles. Así se entiende que en Murcia: 1) existe mayor complejidad tectónica y nivel de actividad sísmica; 2) las fallas están segmentadas y producen terremotos de magnitud moderada y poco profundos; 3) hay posibilidad de asociar, con cierto grado de certeza, algunos terremotos, de acuerdo a la localidad donde se asumen se produjeron, a los alineamientos y a los nudos de alineamientos.

Terremoto de Lorca

En esta sección presentaremos las ideas y los resultados principales obtenidos por diferentes autores para el caso del terremoto de Lorca del año 2011. En este sentido, el IGN (2011) determinó la magnitud del terremoto (Mw= 5.2) y sostuvo que el epicentro estaba a unos 2km al N de Lorca. También estimó la Imax= 7 grados (EMS) (localidades: Lorca y El Río) y que fue perceptible en Madrid (~460km) y Sevilla (~450km). El evento principal se asoció a la falla Alhama de Murcia y se fundamentó como un terremoto tectónico súbito. Presentó los datos de sismicidad asociada a la serie, donde se aprecia la concentración de eventos débiles con dirección E-O y SO respecto del terremoto principal. Dio los mecanismos focales de dos eventos: premonitor y principal. Ambos tienen gran coincidencia (movimiento de desgarre y ligera componente inversa). No hubo ruptura de la falla en superficie por

el sismo, pero importantes afectaciones en el relieve como caídas y desprendimientos de rocas, y en las estructuras construidas: grietas y derrumbes totales y parciales, hundimientos en carreteras comarcales, etc. El terremoto ocurrió en el entorno de otros eventos similares, relativamente frecuentes y que producen importantes daños a pesar de sus bajas magnitudes.

El International Association of Emergency Managers (IAEM, 2011) sostiene que los daños fueron de ~70,106 euros. La cantidad de heridos sobrepasó el millar de personas. Y más del 50% de las edificaciones lorquinas se vieron afectadas. El informe del IGM (2011) asegura que no hay ruptura superficial alguna en el relieve por el terremoto.

Según Martínez Solares *et al.* (2012): 1) el evento principal tuvo una Mw= 5.1; 2) las coordenadas del terremoto principal fueron: 37,7175 N - 1,7114 O, h= 4km; 3) hubo un evento premonitor el mismo día a las 15:05:13.5 horas con los siguientes datos: 37,7196 N – 1,7076 W, h= 2km, M= 4.5; y un número importante de réplicas (20 sentidas), siendo la de las 20:37:45.5 horas la más fuerte (37,7308 N – 1,7012 W, h=4km, M= 3.9); 4) se consideró en conjunto como otra serie sísmica, donde los tres eventos mencionados se localizaron ~5.0km al N de Lorca, y con un mecanismo focal muy parecido; 5) este mecanismo se corresponde con una falla inversa y componente de desgarre, que se asoció a la falla Alhama de Murcia; 6) el área de las afectaciones se puede resumir así: 6a) 23km con I= 4 en Morata, 6b) I= 3 a 91km en Jumilla, a 112km en Yecla, 6c) I= 2 a 345km en Madrid y 375km en Sevilla; 7) la cantidad de muertos fue nueve; 8) históricamente se reconocen seis terremotos importantes en Lorca y sus inmediaciones: 8a) Lorca: 1579.01.30 (I= 7), 1674.08.28 (I= 8), y 1818.12.20 (I= 6-7), 8.b) 1855.11.11 (I= 6-7) al SE de Librilla, 1883 (I= 6-7) en Ceutí, y 1908.09.26 (I= 6-7) al NE de Mula.

Buforn *et al.* (2012) sostienen que el terremoto de Lorca (Mw= 5.2): 1) tiene un mecanismo de falla inversa con planos de dirección E-O y foco superficial; 2) el plano de ruptura es OSO-ENE; 3) hay complejidad en la zona ya que coexisten en espacio y tiempo, muy reducidos, y en un marco regional de compresión N-S, mecanismos de: 2a) falla normal, Lorca-1977, 2b) falla inversa, Mula-1999, 2c) falla de desgarre, Bullas-2002, y Bullas-2005.

Con la relocalización y el análisis de 113 eventos de la serie sísmica de Lorca, Alguacil de la Blanca *et al.* (2012) aseguran que: 1) las réplicas de los primeros días se distribuyen en dirección NE-SO al SO del terremoto principal; 2) es probable una propagación de la ruptura al SO y a lo largo de la falla Alhama de Murcia; 3) los mecanismos focales obtenidos para los tres eventos de mayor magnitud (premonitor, principal y réplica) es similar: fallamiento oblicuo y predominantemente inverso.

A partir de cinco campañas de mediciones GPS (red CuaTeNeo: Cuantificación de la Tectónica y Neotectónica en la parte oriental de la Península Ibérica) del pe-

riodo 1977-2011 Echeverría *et al.* (2012) dicen que: 1) las tres estaciones localizadas al S de la falla Alhama de Murcia muestran la uniformidad del movimiento y tienen velocidades máximas de 1.4-1.8mm/año y con orientación NNO, que es oblicua a la falla. Esa dirección coincide con la convergencia entre Eurasia y Nubia; 2) las estaciones de la parte noroccidental de la falla tienen velocidades inferiores (0.5-0.6 +/- 0.3mm/año) y con una componente al O respecto a Eurasia; 3) la falla es una divisoria de dos regímenes tectónicos distintos; 4) la falla acumula la mayoría de la deformación determinada con los GPS; 5) no se ha registrado deformación co-sísmica relacionada con el terremoto. Sin embargo, Frontera Genovard *et al.* (2012) determinan a partir de trabajos con DInSAR (Synthetic Radar Differential Interferometry) y modelación numérica que el terremoto de Lorca tuvo una deformación co-sísmica vertical y superficial. Definen el trazo de la falla Alhama de Murcia y aseguran que: 1) hay un levantamiento de hasta 3cm del bloque superior, y que esto coincide con los estimados por el modelo numérico; 2) la deformación tectónica del bloque inferior está enmascarada por la subsidencia que relacionan con la extracción de agua del subsuelo.

González *et al.* (2012) responsabilizan a la falla Alhama de Murcia por el terremoto de Lorca. Aseguran que ella es una estructura compuesta de diferentes segmentos, y con movimiento de desgarre sinestroso y componente inversa. También sostienen que: 1) determinaron deformaciones corticales en la zona epicentral con técnicas geodésicas (InSAR: Interferometría de radar por satélite, y GPS); 2) el daño de un muro de contención en las márgenes de la rambla del río Guadalentín, a su paso por Lorca, puede ser considerado como una evidencia de la ruptura en superficie de la falla; 3) la falla tiene dos segmentos en las inmediaciones de Lorca (La Tercia-Alhama de Murcia y Lorca-Alhama de Murcia). Esos segmentos modifican el rumbo en ese entorno de ~N225E. Tal cambio puede explicar el reparto del deslizamiento co-sísmico; 4) la ruptura comenzó en el segmento oriental de la falla (La Tercia-Alhama de Murcia); 5) es probable que este evento de 2011 rompiese en el mismo segmento que el de 1818.

Una interpretación tectónica del terremoto de Lorca aparece en Martínez Díaz *et al.* (1992). Así sostienen que: 1) la falla Alhama de Murcia es la fuente sismogenética responsable de la serie sísmica; 2) la naturaleza y distribución de los efectos superficiales parecen asociados a las características del terremoto; 3) la mayor parte del movimiento del suelo se concentró en un pulso de amplitud relativa considerable en la dirección NO-SE.

De todo esto podemos extraer, con certeza, los siguientes datos: 1) ocurrió un terremoto en las inmediaciones de Lorca (11 de mayo de 2011, Mw= 5.2); 2) no se produjo ruptura alguna en el relieve; 3) hubo colapso y graves daños en muchas edificaciones de Lorca; 4) el foco del terremoto fue somero (h<5km); 5) las réplicas se alinean en dirección SO-NE; 6) no hubo deformación co-sísmica; 7) hay diferen-

cias tectónicas entre los sectores al N y al S de la dirección de la falla Alahama de Murcia, que se considera la responsable del terremoto; 7) ninguno de los epicentros de los eventos más fuertes se localiza en el trazo de la mencionada falla; 8) el mecanismo focal corresponde a una falla inversa con planos de dirección E-O y plano de ruptura OSO-ENE; 9) la perceptibilidad del terremoto principal alcanzó Madrid (~460km al NO) y Sevilla (~450km al O).

Análisis morfotectónico de Murcia y su entorno

Este epígrafe se basa en los resultados morfotectónicos de Cotilla y Córdoba (2009). De ellos es posible asegurar que en la región murciana hay al menos dos sistemas de fallas de desgarre, aproximadamente paralelos, de dirección ENE-OSO y NE-SO. Ellos se denominan: 1) Crevillente (localidades de Mula-Bullas-Coy-Doña Inés), 2) Alhama de Murcia (localidades de Sotana-Lorca). Ambos sistemas se extienden y limitan a las cuencas de Mula y Lorca.

El estudio de las fracturas en el territorio murciano indica una definida tendencia al incremento en la cantidad de fracturas y el tamaño de las mismas hacia las zonas del interior del territorio, es decir, hacia la zona denominada Béticas Externas. Distinguimos una tendencia de alineación al NE de las zonas, aunque hay sectores donde las inflexiones de las mismas indican una orientación más reciente al NO, específicamente en el entorno de las localidades de Murcia-Torres de Cotillas-Lorquí-Ojos. Esto configura un cruce de zonas entorno a Murcia-Sierra de Carrascoy.

Con los esquemas de morfoisohipsas (Figura 3, Cotilla y Córdoba, 2009) se determinó un sistema de bloques muy bien diferenciados en las partes N y S. En la zona N están los bloques de mayor área como: Sierra de Gador, Sierra de Filabres y Sierra de las Estancias. Mientras que en la parte S aparecen los bloques Sierra de Alhamilla, Sierra de Almenara, Sierra de Espuña y Sierra de Carrascoy. Las localidades Sotana, Alhama de Murcia, Librilla, Alcantarilla, Murcia, Molina del Segura, Ceutí, Lorqui, Mula, Fortuna y Blanca están en el escalón de altitud inferior a 500m. Mientras que Bullas y Lorca están por encima de ese valor. En el segmento altimétrico intermedio se desarrolla la falla Alhama de Murcia. Además, en ese entorno se ha reportado la inmensa mayoría de los sismos históricos con intensidad mayor o igual a 7 grados, escala MSK.

Lorca está al O del PPPO, entre tres sierras: 1) al S la Sierra de la Tercia, 2) al SO la Sierra de las Estancias (que acuña el recorrido del río Guadalentín), y 3) al NE la Sierra de Espuña. Es una cuenca asimétrica en la dirección NO a SE del río principal Guadalentín hasta Lorca, donde tuerce bruscamente su recorrido al NE-E con drenaje perfectamente mayoritario del lado NE. Esta anomalía del mayor afluente del S del río Segura, entorno a Lorca se corresponde con una muy bien definida zona de alineamientos. Se distingue, en el segmento fluvial al N de Lorca,

que el río está encajado, mientras que al S y después de la inflexión el río tiene carácter meándrico. Este comportamiento lo interpretamos, a partir del levantamiento de la zona y por la actividad reciente, como fallamiento activo. Sus características morfométricas son: Ks= 0.71, orden 3, pendiente (km/km)= 18.1.

También se delimitaron tres zonas neotectónicas sobre la base de los resultados geomorfológicos. Ésta regionalización muestra una definida dirección NE-SO con bloques en ascenso diferencial, aunque lo que destaca es una pronunciada alineación NO de las zonas entorno a las localidades de Murcia-Mula-Bullas-Ojos. El cruce de ambas alineaciones se produce en Murcia-Alcantarilla-Sierra de Carrascoy. La diferenciación de las zonas más activas en la dirección del alineamiento A2, y su correspondiente fragmentación en dos segmentos. Y al comparar este mapa con los correspondientes de Asturias (Cotilla *et al.*, 2004) y Galicia (Cotilla y Córdoba, 2003), es posible sostener que Murcia resulta ser mucho más activa; lo cual tiene explicación a partir de su localización en una zona límite de placas.

Los resultados de la densidad de epicentros y actividad sísmica indican: 1) la fragmentación y el espaciamiento de la sismicidad; 2) una definida orientación principal NE-SO de la sismicidad; 3) la disminución de los valores de intensidad sísmica en dirección NO; 4) la mayor parte de la sismicidad queda confinada entre los alineamientos A2 y A5; 5) los valores obtenidos son inferiores que los correspondientes a las zonas de Almería y Sevilla (Cotilla y Córdoba, 2004); 4) las fallas Alhama de Murcia y Carrascoy se corresponden, fundamentalmente, con la zona 2 y con el límite B de la zona 3, al S; 5) la vinculación de la falla Crevillente con la zona 1, la de valores menores.

La ordenación morfotectónica hacia los niveles inferiores de la clasificación conlleva la sucesiva disminución en dimensión superficial de las unidades territoriales (UT): mesobloque, bloque, microbloque y nanobloque. Pero hay también un significativo incremento en cantidad. Entonces se configura el siguiente resultado: macrobloque= 1, mesobloques= 14, bloques= 47, microbloques= 160, y nanobloques= 500. Sobre la base de índices geomorfológicos se ha determinado la tendencia relativa del movimiento. Los morfoalineamientos (longitudinales y transversales) configuran una compleja red que tiene distinto orden, ya que ellos funcionan como límites naturales de las UT. Así hay 15 zonas de alineamientos principales que coinciden, generalmente, con fallas activas reconocidas. Las intersecciones de esos alineamientos (áreas más activas) alcanzan la cifra de 76.

De los alineamientos y los nudos principales, así como las UT de mayor categoría (mesobloques) delimitados en Murcia, se muestran en la Figura 3. De ellos destacan dos como los más importantes: 1) A2 (dirección predominante NE), 2) A5 (dirección predominante NO). Estos elementos lineales tienen un Ks para la región murciana de 0.96 y 0.90, respectivamente. Es decir, que tienen un definido carácter lineal muy poco afectado por otras estructuras transversales. También en estos ali-

neamientos hay un total de 12 nudos y de ellos son seis los nudos dobles. Los alineamientos A2 y A5 se interceptan en las inmediaciones de Alcatarilla y Murcia donde configuran el nudo N9, y donde interaccionan tres macrobloques. Esto significa que el nudo tiene una categoría tectónica de mucha importancia. El alineamiento A2 marca el N de las sierras: de Carrascoy, de la Cresta del Gallo y de Cristo. Específicamente en el alineamiento A2 se ha determinado que están los nudos: N9 de orden 2, N3 y N4 de orden 3, y N1, N2 y N5 de orden 4. Al S del A2 hay cinco mesobloques, y al N del A2 y S del A5 hay seis mesobloques. Al N del A2 y N del A5 hay tres mesobloques. Mientras que la zona de alineamientos A5 en el sector de Murcia delimita al N una mayor cantidad de mesobloques y bloques.

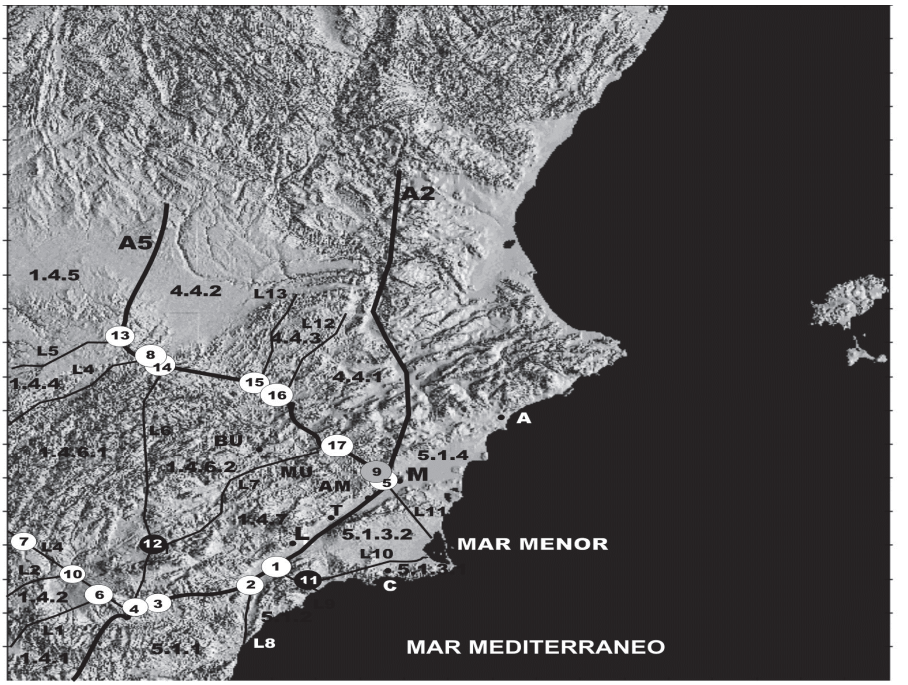


Figura 3. Mapa morfotectónico simplificado de Murcia.
Aparecen: 1) localidades (A= Alicante, AM= Alhama de Murcia, B= Bullas, M= Murcia, MU= Mula); 2) los alineamientos principales (líneas negras): 2do. orden [gruesa= A2, A5], 3er. orden [fina= L1, L2, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13]; 3) nudos de alineamientos principales (círculos): 2do. orden [color gris= 9], 3er. orden [color blanco= 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 14, 15, 16, 17], 4to. orden [color negro= 11, 12]; 4) mesobloques: 1.4.1.

Es un hecho singular, reconocido por distintos autores (Benito *et al.*, 2005, 2007; Buforn *et al.*, 2012; Mancilla *et al.*, 2002; Mezcua *et al.*, 1977), que localidades tan próximas de una misma región tengan características sismotectónicas diferentes. Éste es el caso de los sismos: 1) Avilés-SO de Bullas (29 de enero de 2005), 2) La Paca (6 de agosto de 2002), 3) Mula (2 de febrero de 1999), y 4) Lorca (6 de agosto de 1977), a los se hizo referencia anteriormente. Sin embargo, tales diferencias pueden explicarse a partir de los resultados morfotectónicos. Así comprobamos que los epicentros (zonas) están en los mismos macrobloque (M1.4) y mesobloque (M1.4.6). Es decir, que tienen una misma historia de desarrollo geológico. Pero, se distinguen espacialmente por su ubicación en distintos bloques. Esto significa que son zonas de características neotectónicas diferentes. De tal forma, que los dos primeros eventos sísmicos y el cuarto están en el bloque 1.4.6.1, y al O del sistema de microbloques NO-SE de las Sierras de las Cabras, de Lavia, de Cambrón y de Espuña. Mientras que el terremoto de Mula está en el bloque 1.4.6.2, al E del bloque anterior y en un escalón hipsométrico inferior. Además, el hecho de que los epicentros de Mula y de Avilés-SO de Bullas tengan todas las réplicas agrupadas en áreas con forma de elipses con ejes mayores N-S permite asegurar la polarización de la propagación de la energía.

Conclusiones

La sismicidad del SE de España está justificada por la convergencia de las placas África y Euroasiática. El terremoto de Lorca de 2011 no es un fenómeno extraordinario y su explicación está en la dinámica contemporánea de las placas litosféricas mencionadas.

Los varios eventos sísmicos (Mmax de 4.2 a 5.1) ocurridos en el intervalo temporal 1977-2011 en las inmediaciones de Murcia (Bullas – Lorca – Mula), se pueden interpretar a partir de los resultados morfotectónicos. También los diferentes mecanismos focales de los eventos sísmicos (tan cercanos en tiempo y espacio): 1) Áviles-SO de Bullas (29 de enero de 2005), 2) La Paca (6 de agosto de 2002), 3) Mula (2 de febrero de 1999), y 4) Lorca (6 de junio de 1977) está justificada por la localización en los mismos macrobloque y mesobloque (M1.4.6). Es decir, que tienen una misma historia de desarrollo geológico; pero en distintos bloques (1.4.6.1 y 1.4.6.2), donde las características neotectónicas son diferentes.

Bibliografía

Alguacil de la Blanca, G.; Vidal Sánchez, F.; Stich, D.; Mancilla Pérez, F.; López Comino, J.A.; Morales Soto, J. y Navarro Bernal, M., "Parámetros de la fuente y del movimiento del suelo del terremoto de Lorca 2011", *Física de la Tierra*, vol. 24, pp. 41-69, 2012.

Asamblea de vecinos de Lorca afectados por el terremoto, 2013.

Benito, B.; García Mayordomo, J.; García Rodríguez, M.J. y Gaspar Escribano, J.M., *Marco sismotectónico global del terremoto del 29 de enero de 2005 al suroeste de la provincia de Murcia*, 2005.

Benito, B.; Capote, R.; Murphy, P.; Gaspar Escribano, J.M.; Martínez Díaz, J.J.; Tsige, M.; Stich, D.; García Mayordomo, J.; García Rodríguez, M.J.; Jiménez M.E., Insua Arévalo, J.M.; Álvarez Gómez, J.A. y Canova, C., "An overview of the damaging and low magnitude Mw 4,8 La Paca earthquake on 29 January 2005: Context seismotectonics and seismic risk implications for Southeast Spain", *Bulletin Seismological Society of America*, vol. 97, no. 3, pp. 671-690, 2007.

Bousquet, J.C., "Quaternary strike-slip faults in southeastern Spain", *Tectonophysics*, vol. 52, pp. 277-286, 1979.

Bousquet, J.C. y Montenat, C., "Présence de décrochements NE-SW plioquaternaires dans les Cordillères Bétiques Orientales (Espagne). Extension et signification general", *C.R.Acad.Sci.*, tomo 278, pp. 2617-2620, Paris, 1974.

Buforn Peiró, E. y Martínez Solares, J.M. (eds.), *Revista Física de la Tierra*, Universidad Complutense de Madrid, vol. 24, 2012, 362 pp.

Buforn, E. y Sanz de Galdeano, C., "Focal mechanism of Mula (Murcia, Spain) earthquake of February 2, 1999", *Journal of Seismology*, vol. 5, pp. 277-280, 2001.

Buforn Peiró, E.; Pro Muñoz, C.; Cesce; S.; Sanz de Galdeano; C. y Udías Vallina, A., "Proceso de ruptura del sismo de Lorca del 11 de mayo 2011", *Física de la Tierra*, vol. 24, pp. 71-82, 2012.

Cotilla Rodríguez, M.O.; Córdoba Barba, D. y Sánchez Dulcet, F., "Morphotectonic study of two regions in the Centre-South segment of Spain: Córdoba-Granada", *Geotectonics*, vol. 47, no. 3, pp. 215-240, 2012.

Cotilla, M.O. y Córdoba, D., "Morfotectónica de Murcia, España", *Revista Geográfica*, núm. 146, pp. 77-110, 2009.

———, "A morphotectonic study of the Central System, Iberian Peninsula", *Russian Geology and Geophysics*, vol. 48, no. 4, pp. 378-387, 2007.

———, "Morphotectonics of the Iberian Peninsula", *Pure and appied geophysics*, vol. 161, no. 4, pp. 755-815, 2004.

———, "Present geomorphological characteristics of Alboran islet and surroundings, Spain: a diagnosis", *Geografia Fisica e Dinamica Quateranaria*, vol. 27, no. 1, pp. 3-19, 2004.

———, "Caracterización morfotectónica de Galicia, España", *Revista Geofísica*, núm. 58, pp. 5-56, 2003.

Cotilla, M.O.; Córdoba, D. y Herraiz, M., "Main morphotectonic characteristics of Asturias, Spain", *Geofísica Internacional*, vol. 44, no. 1, pp. 65-101, 2005.

El País, 11 de mayo de 2013, Madrid.

<Europapress.es>, 2013. "El PSOE acusa al PP de no querer buscar soluciones a los problemas por el terremoto y las inundaciones de Lorca".

Frontera, T.; Concha, A.; Blanco, P.; Echeverría, A.; Goula, X.; Arbiol, R.; Khazaradza, G.; Pérez, F. y Suriñach, E., "DInSAR coseismic deformation of the May 11 Mw 5,1 Lorca earthquake (Southern Spain)", *Solid Earth Discussions*, vol. 3, pp. 111-119, 2012.

González, P.J.; Tiampo, K.F.; Palano, N.; Cannavó, F. y Fernández, J., "The 2011 Lorca earthquake slip distribution controlled by groundwater cristal unloading", *Nature Geoscience*, vol. 5, no. 11, pp. 821-825, 2012.

Herraiz, M.; De Vicente, G.; Lindo, R.;, Giner, J.; Simón, J.L.; Gómez-Casado, J.M.; Vadillo, O.; Rodríguez-Pascuas, M.; Cicuendez, J.I.; Casas, A.; Cabañas, L.; Rincon, P.; Cortés, M.; Ramírez, M. y Lucini, M., "The recent (Upper Miocene to Quaternary) and present tectonic stress distribution in the Iberian Peninsula", *Tectonics*, vol. 19, no. 4, pp. 762-78I.

IAEM, International Association of Emergency Managers, *Informe sobre el terremoto de Lorca, 11 de mayo de 2011*, 2011, 60 pp.

IGN, Instituto Geográfico Nacional, *Informe del sismo de Lorca del 11 de mayo de 2011*, 2011, 138 pp.

———, *Informe del terremoto de Bullas (Murcia) 6 de agosto 2002*, 2002.

———, Instituto Geográfico Nacional, *Segundo informe general*, Serie sísmica de Mula (Murcia), Subdirección General de Geodesia y Geografía, Madrid, 1999, 35 pp.

IGM, Instituto Geológico y Minero de España, *Informe geológico preliminar del terremoto de Lorca del 11 de mayo del año 2011, 5.1 Mw*, 2011.

ITGE, Instituto Tecnológico y Geominero de España, *Mapa neotectónico, sismotectónico y de actividad de fallas de la región de Murcia, escalas 1:200,000 y 1:100,000*, Madrid, 1993.

Irizarry, J.; Frontera, T.; Goula, X. y Barbat, A.H., "Learning from Lorca, Spain earthquakes of May 11, 2011", *EERI Newsletter*, vol. 45, núm. 6, p. 3, 2011.

<Laopiniondemurcia>, 2012.

<Libertdadigital.com>, 2013.

López Comino, J.A.; Mancilla, F.; Morales, F. y Stich, D., "Rupture directivity of the 2012 Mw 5.2 Lorca earthquake (Spain)", *Geophysical Research Letters*, vol. 39, no. 3, 2012.

López Casado, C.; Estevez, A.; Pina, J.A. y Sanz de Galdeano, C., "Alineaciones sismotectónicas en el sureste de España. Ensayo de delimitaciones de fuentes sísmicas. Mediterránea Ser", *Estudios Geológicos*, vol. 6, pp. 5-38, 1987.

Mancilla, F.; Ammon, Ch.J.; Herrman, R.B. y Morales, J., "Faulting parameters of the 1999 Mula earthquake, southeastern Spain", *Tectonophysics*, vol. 354, pp. 139-155, 2002.

Martínez Díaz, J.J., "Neotectónica y tectónica activa de la falla las Viñas: influencia de las perturbaciones del campo de esfuerzos regional generados por la falla de Alhama de Murcia", *Boletín Geológico y Minero*, vol. 111, núm. 1, pp. 33-52, 2000.

———, "Indicios geomorfológicos indicativos de tectónica activa en el sector Lorca-Totana de la falla de Alhama de Murcia", *Boletín Geológico y Minero*, vol. 111, núm. 1, pp. 67-76, 2000.

———, "Sismotectónica de la falla de Alhama de Murcia. Implicaciones sismogenéticas del terremoto de Lorca de junio-1977 (Mb: 4.2)", *Estudios Geológicos*, vol. 55, pp. 251-266, 1999.

Martínez Díaz, J.J. y Hernández Enrile, J.L., "Uso de deformaciones de travertinos para caracterizar la actividad paleosísmica de una falla oblicua activa: la falla de Alhama de Murcia (Cordilleras Béticas, España)", *Acta Geológica Hispánica*, vol. 36, no. 3-4, pp. 297-313, 2001.

———, "Tectónica reciente y rasgos sismotectónicos en el sector Lorca-Totana de la falla de Alhama de Murcia", *Estudios Geológicos*, vol. 48, pp. 153-162, 1992.

Martínez Díaz, J.J.; Bejar Pizarro, M.; Álvarez Gómez, J.A.; Mancilla, F.; Stich, D.; Herrera, G. y Morales, J., "Tectonic and seismic implications of an intersegment ruptura. The damaging May 11th 2011 Mw 5.2 Lorca, Spain, earthquake", *Tectonophysics*, doi: 10.1016/j.tecto.2012.04.010, 2012.

Martínez Díaz, J.J.; Rigo, A.; Louis, L.; Capote, R.; Hernández Enrile, J.L.; Carreño, E. y Tsige, M., "Caracterización geológica y sismotectónica del terremoto de Mula (febrero de 1999, Mb: 4.8) mediante la utilización de datos geológicos, sismológicos y de interferometría de RADAR (INSAR)", *Boletín Geológico y Minero*, vol. 113, núm. 1, pp. 23-33, 1999.

Martínez Díaz, J.J.; Álvarez Gómez, J.A.; García Mayordomo, J.; Insua Arévalo, J.M.; Martín González, F. y Rodríguez Peces, M.J., "Interpretación tectónica de la fuente del terremoto de Lorca de 2011 (Mw 5.2) y sus efectos superficiales", *Boletín Geológico y Minero*, vol. 123, núm. 4, pp. 441-458, 2011.

Martínez Solares, J.M., Cantavella Nadal, J.V.; Cabañas Rodríguez, L. y Valero Zornosa, F., "El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región", *Física de la Tierra*, vol. 24, pp. 17-40, 2012.

Mezcua, J., "Esquema sismotectónico del sureste de España", *Mecanismos de los terremotos y tectónica*, pp. 225-232, Universidad Complutense de Madrid, 1985.

Mezcua, J.; Herraiz, M. y Buforn, E., "Study of the 6 June 1977 Lorca (Spain) earthquake and its aftershock sequence", *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 74, pp. 167-179, 1977.

Peña, J.A.; Vidal, F.; Posadas, A.M.; Morales, J.; Alguacil; G.; de Miguel, F.; Ibáñez, J.M.; Romacho, M.D. y López-Linares, A., "Space clustering properties of the Betic-Alboran earthquakes in the period 1962-1989", *Tectonophysics*, vol. 221, pp. 125-134, 1993.

Rueda, J.; Mezcua, J. y García Blanco, R.M., "Directivity effects of the May 11, 2011 Lorca (Spain) Mw= 5.1 earthquake", *Fall Meeting AGU*, San Francisco, Communications, S53B-2277, 2011.

Serpelloni, E.; Vannucci, G.; Argnani, A. y Casula, ÇG., "Kinematics of the western Africa-Eurasia plate boundary from focal mechanisms and GPS data", *Geophysical Journal International*, vol. 169, pp. 1180-1200, 2007.

Silva, P.G., "Geometría fractal de la zona de falla Lorca-Alhama (Murcia, SE España)", *Geogaceta*, vol. 20, núm. 6, pp. 1385-1388, 1996.

Silva, P.G.; Mather, A.E.; Goy, J.L.; Zazo, C. y Harvey, A.M., "Controles en el desarrollo y evolución del drenaje en zonas tectónicamente activas: el caso del río Mula (región de Murcia, SE España)", *Revista de la Sociedad Geológica de España*, vol. 9, núms. 3-4, pp. 269-283, 1996.

Vissers, R.L.M. y Mijninger, B.M.L., "The 11 May earthquake at Lorca (SE Spain) viewed in a structural-tectonic context", *Solid Earth Discussions*, vol. 3, pp. 199-204, 2011.

20 Minutos, 11 de mayo de 2013, Madrid.

Geomorfología del área Palmares, San Ramón, Cerro Espíritu Santo, Costa Rica

Jean Pierre Bergoeing[*]
Ramón Masís Campos[**]

Abstract

Authors plotted in a 1:10,000 scale map, the geomorphological history of San Ramon-Espiritu Santo sector, covering the formation events and surface modeling from the Pliocene until the present.

Key words: *Collapse caldera, lacustrine sediments, topographic plateau, mass landslides, basalts, andesites*.

Resumé

Les auteurs retracent sur une carte á échelle 1:10,000 l'histoire géomorphologique du secteur San Ramón-Espiritu Santo, qui recouvrent les éléments de formation et du modelé superficiel depuis le Pliocène à nos jours.

Mots clés: *Caldeira de Collapse, sédiments lacustres, plateau topographique, glissements en masse, basaltes, andésites*.

Resumen

Los autores trazan en una carta a escala 1:10,000 la historia geomorfológica del sector San Ramón-Espíritu Santo, que cubre los eventos formativos y modelaje superficial, desde el Plioceno hasta el actual.

Palabras clave: *Caldera de colapso, sedimentos lacustres, meseta topográfica, deslizamientos en masa, basaltos, andesitas*.

* Profesor, catedrático-investigador, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, correo electrónico: jegadana@gmail.com

** Profesor, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, correo electrónico: ramon.masiscampos@ucr.ac.cr

Introducción

El sector de estudio está comprendido entre las coordenadas geográficas 10° 04' y 10° 06' de latitud Norte y 84° 24' y 84° 30' de longitud Oeste. Cubriendo un área de 44km².

Desde el punto de vista estructural el área es esencialmente volcánica y pertenece a la formación o grupo Aguacate que data del Plioceno, compuesta por rocas basálticas, basalto-andesíticas, andesitas, brechas, tobas y en algunos sectores ignimbritas. Se trata de un vulcanismo de fines del Terciario que precede al vulcanismo de la Cordillera Volcánica Central, en plena orogénesis general del país por causas del empuje vertical del choque de placas.

El área paleo-lacustre de Palmares

Es la depresión tectónica más importante del sector. Corresponde a una caldera de colapso semicircular cuyo episodio se sitúa en el Plioceno superior y los afloramientos volcánicos están catalogados como pertenecientes al Grupo Aguacate. Se trata de brechas volcánicas, basaltos y andesitas que constituyen la armazón circular de los restos de la caldera. La depresión conoció un periodo lacustre cuyas aguas fueron colmatadas por depósitos aéreos volcánicos finos, compuestos por escorias, vidrio volcánico, ignimbritas y pómez provenientes del vulcanismo circundante de los conos poscolapso de la caldera, particularmente los conos entonces activos del Espíritu Santo, el San Isidro y el Piedra Grande, para citar los más importantes.

Posteriormente, parte de la depresión quedó recubierta por conos de deyección que pasan a glacis, provenientes del Oeste, como los de Rincón de Zaragoza, Vargas y Granja y que colmataron el fondo de la caldera, dejando en el sector Este, una serie de pequeños montículos volcánicos de alteración *in situ* por oxidación limonítica y amatítica que confieren al área un modelado multiconvexo. En muchos de ellos hoy se han edificado urbanizaciones.

Siendo el fondo de la caldera un material poco cohesionado, las márgenes próximas al cañón fluvial se ven afectadas por deslizamientos de terreno, a veces importantes y que dejan al desnudo el material volcánico compuesto por brechas y tobas a unos 100 metros de la superficie (puente de la carretera Palmares-Atenas cruzando el río Quebrada Grande).

Finalmente la caldera evacuó el remanente de las aguas a través del río Grande que ha socavado un profundo cañón fluvial, aprovechando las numerosas fallas tectónicas, donde el río ha explotado la fragilidad lítica para crear un cauce profundo. Según dataciones radiométricas el depósito lacustre de Palmares que puede alcanzar los 100 metros de espesor se remontarían a 0.440 ± 0.01 M.a. (Villegas, 1997; en Alavarado y Gans, 2012) y habría subsistido hasta el Pleistoceno medio. El estudio de la megafauna extinta del sector como el *Pachyarmatherium leiseyi* y *Glyptotherium cf. arizonae*, le permitieron a Laurito *et al*., 2005 (Alvarado y Gans,

Figura 1. Caldera de colapso de Palamares, Plioceno. Vista desde la cumbre del Cerro Espíritu Santo (fotografía: J.P. Bergoeing, 2013).

Figura 2. Colada de lavas formadas por basaltos columnares, en la antigua cantera, intersección de los rios grande y quebrada grande. Constituyen el material volcánico del borde de la caldera de palmares (fotografia: J.P. Bergoeing, 2013).

Figura 3. Profundo cañón del río Grande al este de la ciudad de Palmares, que alcanza mas de 300 metros de caída. Sector de cocaleca (fotografía: J.P. Bergoeing, 2013).

Figura 4. Ciudad de San Ramón asentada sobre una meseta topográfica, de origen volcánico (caldera de colapso del Plioceno) y luego lacustre, durante el cuaternario hoy colmatada (fotografía: J.P. Bergoeing, 2013).

Figura 5. Depósitos lacustres de color café, mezclados al material volcánico, cenizas, pómez y lapilli, estratificados y muy alterados. Sector escuela laboratorio (latitud 10° 5’ 25’’; longitud 84° 27’ 45’’; altitud 1,042m (fotografía: J.P. Bergoeing, 2013).

Figura 6. Cono volcánico del Cerro San Isidro, recubierto de vegetación tropical de montaña (fotografía: J.P. Bergoeing, 2013).

Figura 7. Material volcánico poco cohesionado formado por lapilli, cenizas y tobas sueltas provenientes del vecino volcán San Isidro en el sector "Bajo Babra" 10° 4' 40'' y 84° 25' 52'' (fotografia: J.P. Bergoeing, 2013).

Figura 8. Cono volcánico del Cerro Espíritu Santo que alcanza en su cumbre los 1,353m. de altitud (fotografia: J.P. Bergoeing, 2013).

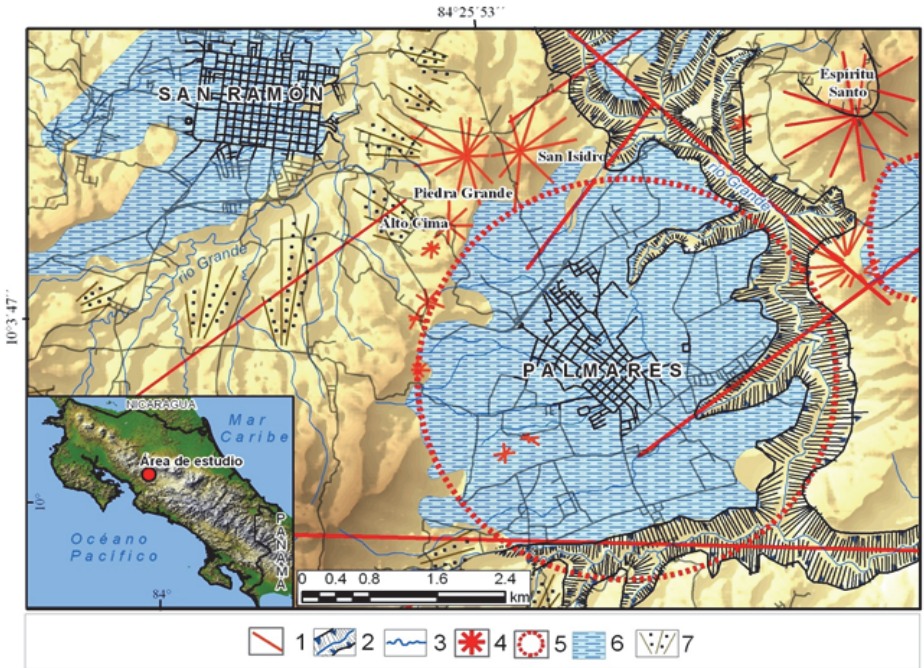


Figura 9. Síntesis del mapa geomorfológico del área de estudio. Por J.P. Bergoeing. *Cartografía digital*, Ramón Masis C., 2013.
1. Fallas tectónicas, 2. Cañones fluviales, 3. Trama hídrica, 4. Focos volcánicos, 5. Caldera de colapso de Palmares, 6. Fondo lacustre formado por aportes aéreos volcánicos y diatomitas. 7. Conos aluviales.

2012) concluir que el lago existió entre 2.6 M.a. y 1 M.a. lo que lo haría mucho más viejo. Posiblemente ambas edades permiten llegar a la conclusión que el lago se formó a finales del Plioceno, después del colapso de volcán y la formación subsiguiente de la caldera, cuya depresión permitió la creación de un lago y que dicho lago subsistió hasta el Pleistoceno medio terminando por colmatarse y en parte, sus aguas fueron evacuadas por el río Grande en plena formación. Al este de la caldera de Palmares, una segunda depresión circular menor, evoca una segunda caldera de colapso (véase Figura 9).

El área paleo-lacustre de San Ramón

La ciudad de San Ramón está asentada hoy en día en una meseta topográfica, que otrora fuese un área lacustre, que ocupaba la depresión de una antigua caldera de colapso, similar y probablemente contemporánea con el evento formador de la caldera de colapso de Palmares.

El área lacustre, perduró durante el Cuaternario y prueba de ello son los asentamientos indígenas precolombinos, que se ubicaron en las partes altas aledañas, pero no en la depresión entonces ocupada por un lago y del cual solo queda una pequeñísima laguna remanente, cercana a la sede universitaria y que es evacuada por la Quebrada Estero. El área lacustre se fue colmatando progresivamente por aportes aéreos de focos eruptivos contiguos (Cerro Espíritu Santo, Piedra Grande y San Isidro) y probablemente también de la naciente Cordillera Volcánica Central. Prueba de ello son los sedimentos lacustres, de origen volcánico (cenizas, pómez y lapilli muy alterados), que se encuentran en su margen erosionada al este (sectores de Cachera, Bajo Ladrillera y Progreso por citar algunos).

Por la poca cohesión del material citado, el área lacustre fue rápidamente desgastada formando un relieve profundamente erosionado dando origen a las quebradas Estero, Gota, etc., que alimentaron las nacientes del río Grande y que separó el área paleo-lacustre de los conos volcánicos del cerro Piedra Grande, cerro San Isidro y del cerro Alto Cima, testigos de un vulcanismo fini-Terciario que se prolongó durante el Pleistoceno inferior.

Dos muestras de basaltos, en el área estudiada, fueron datadas del Plioceno. La primera por Bellon y Tournon en 1978, de un basalto tomado en el Tajo Alto Santiago, San Ramón, que dio una edad de 3.2 ± 0.2 M.a. por el método K/Ar. La segunda muestra de basalto tomada en Tajo Grifo Alto, cerca de Piedades de Santiago (río Grande), estudiada por Mac Millan *et al*. (2004), dio una edad 4.04 ± 0.04 M.a. por el método 40Ar/39Ar (Alvarado y Gans, 2012).

Los conos volcánicos circundantes

Los cerros Piedra Grande y San Isidro son dos conos volcánicos en gran parte recubiertos en su parte norte por la vegetación tropical y en donde predomina el basalto-andesita y las brechas. En cambio su parte sur presenta pendientes acusadas, ocupadas por cultivos pero que tienen señas de deslizamientos en masa, por la naturaleza misma de sus suelos porosos muy alterados asociados al clima tropical húmedo de montaña.

El material expelido por el volcán San Isidro está expuesto en una cantera abandonada en el sector de "Bajo Cabra" donde afloran lapilli, cenizas y tobas sueltas dispuestos en capas horizontales. Este sitio demuestra que las erupciones de este foco volcánico fueron abundantes y cubrieron una extensa área.

El profundo cañón fluvial del río Grande entalla todo este sector alcanzando en algunos sectores 300 metros de cortes verticales, entre el talweg y la vertiente no erosionada. Al este del río Grande emerge majestuoso el cono volcánico del Cerro Espíritu Santo.

El volcán Espíritu Santo

El Cerro Espíritu Santo es sin lugar a dudas un cono volcánico poscolapso, producto de la fuerte actividad volcánica de fines del Terciario que terminó por el colapso del paleo-volcán Palmares y su posterior transformación en área lacustre.

El Cerro Espíritu Santo está formado por basaltos y andesitas, en buen estado y solo alterados en superficie como se pudo constatar en terreno y que muestran su relativa juventud. Por ello es muy probable que el volcán Espíritu Santo estuviera activo durante el Pleistoceno inferior. En su cima el volcán dibuja un cráter muy erosionado abierto hacia el NNW. La vertiente volcánica sur está ocupada por los cultivos de cafetales mientras la vertiente norte está recubierta por una plantación boscosa de pinos y eucaliptus.

Conclusión

Si bien el área presenta una serie de eventos volcánicos y lacustres entremezclados, no deja de ser interesante ver la evolución del paisaje morfológico a través del Cuaternario hasta nuestros días. Eventos volcánicos violentos de erupciones con depósitos de lavas basalto-andésíticas y sobre todo piroclastos recubren el área, que se ha visto constantemente sometida a la orogénesis Cuaternaria y por lo tanto a las deformaciones tectónicas resultantes. La Cordillera Volcánica Central seguramente contribuyó igualmente en estos depósitos y particularmente el cerro Chayote que hoy presenta un cráter totalmente erosionado por la acción pluvial pero de donde surgieron igualmente erupciones tobáceas y de cenizas que tapizan el sector NE de San Ramón.

Bibliografía

Alvarado, G.E. y Gans, P.B., "Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central", *Revista Geológica de América Central*, núm. 46, pp. 7-122, San José, 2012.

Barrantes A., "Estudio geológico, ambiental y estratigrafía de la región Oeste de San Ramón, parte de la hoja San Ramón (1:10,000), Alajuela, Costa Rica. Campaña de Bachillerato", Escuela Centroamericana de Geología Universidad de Costa Rica, 1994.

Bergoeing, J.P., *Geomorfología de Costa Rica*, Editorial Librería Francesa, San José, 2007, 328 pp.

———, *Síntesis geomorfológica del sistema fluvial Tárcoles, escala: 1:200,000* (1 hoja color), Instituto Geográfico Nacional, San José, 1983.

Bergoeing, J.P. y Murillo, M., "El asentamiento en San Ramón y su imbricación Geomorfológica", *Revista Geográfica*, núm. 152, pp. 113-128, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 2012.

Bergoeing, J.P. y Malavassi E., *Carta geomorfológica del Valle Central, escala: 1:50,000* (9 hojas más texto), Instituto Geográfico Nacional, San José, 1981.

Fajardo, T.H., "Geología de una parte de la hoja Oratorio (1:10,000), cantones de Naranjo, Palmares y San Ramón, provincia de Alajuela", Campaña de Bachillerato, Escuela Centroamericana de Geología Universidad de Costa Rica, 1994.

Huapaya, S. y Rojas, V., *Mapa geológico de la hoja Naranjo (3346-III) 1:50,000*, *República de Costa Rica*, Dirección de Geología y Minas, San José, 2012.

Pérez, W.; Alvarado, G. y Gans, P.B., "The 322 ka Tiribí Tuff: stratigraphy, geochronology and mechanisms of deposition of the largest and most recent ignimbrite in the Valle Central, Costa Rica", *BullVolcanol*, vol. 69, pp. 25-40, USA, 2006.

El río Tárcoles, desaguadero del Valle Central Occidental, Costa Rica

Jean Pierre Bergoeing[*]
Luis Guillermo Brenes Q.[**]

Abstract

The authors make a geomorphological presentation of one most important hydrographic bassin of Costa Rica which relates to the Western central Valley where San José, capital city of the country is settled.

Key words: *fluvial canyon, hydrographic watershead, mouth of a river, mangrove, pyroclasts, ignimbrites*.

Resumé

Les auteurs font une présentation géomorphologique d'un des bassins versants plus importants du Costa Rica qui concerne la Vallée Centrale où se trouve sise San José ville capitale du pays.

Mots clés: *Canyon fluvial, bassin hydrographique, embouchure, mangrove, pyroclastes, ignimbrites*.

Resumen

Los autores hacen una presentación geomorfológica de una de las cuencas hidrográficas más importantes de Costa Rica que atañe al Valle Central Occidental donde se encuentra asentado San José, ciudad capital del país.

Palabras clave: *cañón fluvial, cuenca hidrográfica, bocana, manglar, piroclastos, ignimbritas*.

* Profesor, catedrático-investigador, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, correo electrónico: jegadana@gmail.com

** Profesor, catedrático-investigador, Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, correo electrónico: lgbrenes@yahoo.com

Introducción

Lo usual en la toponimia hidrográfica es que un río conserve su nombre desde su naciente en la cuenca superior hasta su desembocadura ya sea en el mar o eventualmente en un lago. Dicha regla es universal. En Costa Rica la toponimia hidrográfica tiene la singularidad que el nombre dado al río en la cuenca superior cambien de nombre al recibir un afluente importante y dicho nombre puede cambiar varias veces hasta la desembocadura. Así la cuenca del río Tárcoles, se compone en su curso superior por dos ríos importantes que son el Virilla y el río Grande, los cuales al unirse pasan a constituir el río Tárcoles hasta su desembocadura en el Océano Pacífico.

El río Virilla

El río Virilla es el principal colector de este sistema hidrográfico. Nace en las estribaciones oeste del volcán Irazú, en el sector de Coronado. Atraviesa los abanicos aluvio-laháricos de esta vertiente volcánica, para rápidamente encañonarse profundamente en la meseta Central Occidental, gracias a su gran competencia, aumentada durante la estación lluviosa (mayo a diciembre), y también debido a la poca cohesión y poca resistencia del material volcánico del subsuelo, compuesto por tobas, piroclastos y cenizas el todo coronado por ignimbritas. Otra característica del río Virilla es que marca el límite sur de la meseta estructural Central Occidental por el profundo cañón fluvial ya mencionado y que alcanza entre 100 a 200 metros de profundidad. El curso torrentoso del río permite observar los basaltos de la base de la Cordillera Volcánica Central en el fondo de su cauce, particularmente a partir del sector de Santa Ana. El río Virilla recibe los aportes de los afluentes de la vertiente Sur, provenientes de las últimas estribaciones de la Cordillera de Talamanca, los cuales han construido poderosos conos aluviales cíclicos, particularmente en los sectores de Desamparados, Escazú y Santa Ana y donde hemos detectado dos generaciones de abanicos aluviales estudiados en el sector de Santa Ana, asociados a los dos últimos grandes cambios climáticos del Cuaternario que son el Riss y el Wurm (Bergoeing, 2007). Dichos conos son el producto de la fuerte acumulación de sedimentos fluviales en los periodos rexistásicos, por la fuerza erosiva de los ríos preexistantes, como el Tiribí, y el María Aguilar, para el sector de Desamparados, el río Agres para el sector de Escazú y el río Uruca para el sector de Santa Ana. Otros ríos menores forman pequeños cañones y cruzan la ciudad capital de San José y en general desde el siglo XX han pasado a constituir cloacas a cielo abierto de los desechos urbanos.

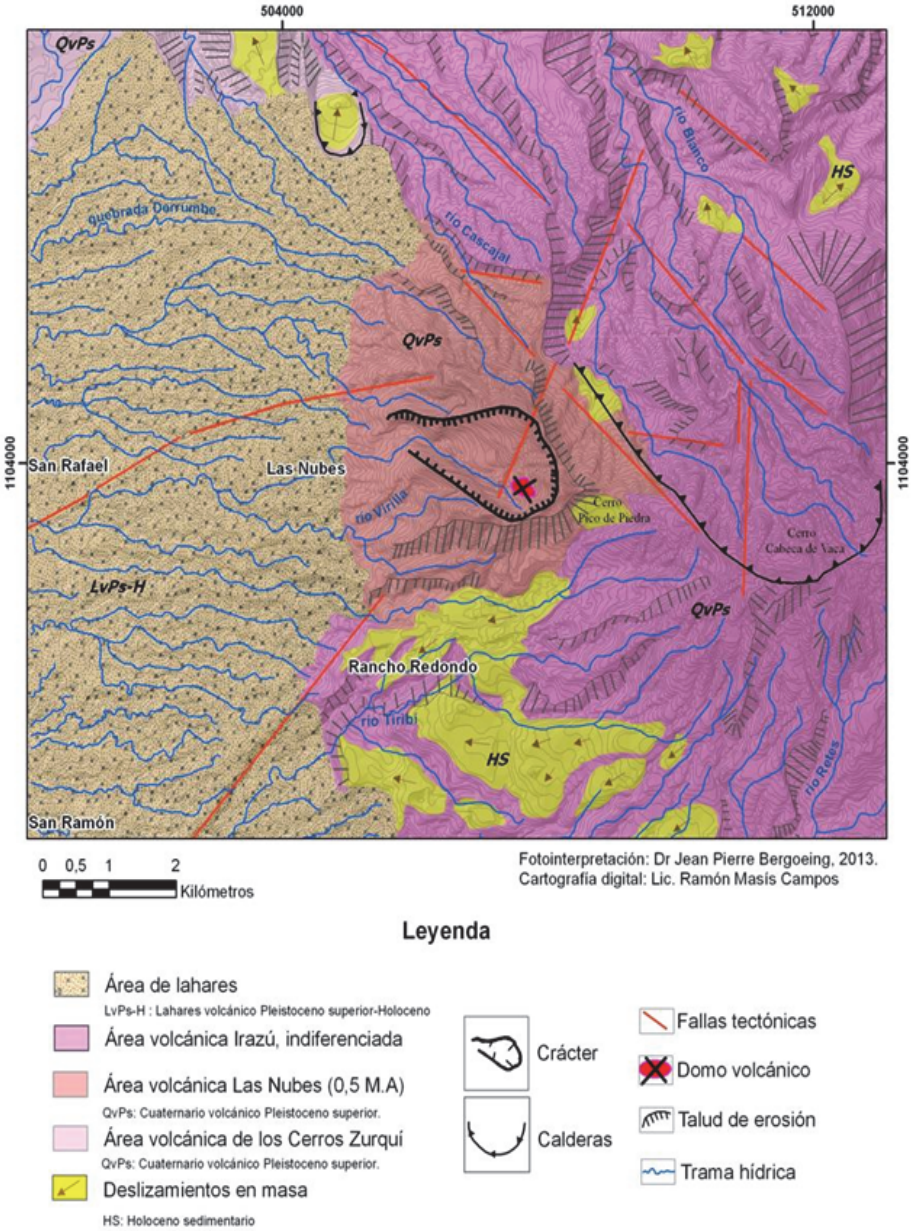


Figura 1. Mapa geomorfológico de la naciente del río Virilla en el cono del volcán Las Nubes, vertiente oeste del macizo volcánico del Irazú, 2013.

Figura 2. Meseta estructural volcánica occidental y cordillera volcánica central, con los conos de los volcanes Barva, Guararí y Poás (fotografía aérea oblicua J.P. Bergoeing, 2012).

Figura 3. Cerros de Escazú, ultimas estribaciones de la cordillera de Talamanca y cono aluvial donde se elevan las construcciones urbanas (fotografía aérea oblicua J.P. Bergoeing, 2012).

Figura 4. Caldera de colapso de Palmares surcada por el río Grande que corre encañonado a través de fracturas tectónicas (fotografía: J.P. Bergoeing, 2013).

Figura 5. Cerro Turrubares, antigua isla volcánica del terciario constituido por un modelado multiconvexo en su base que es erosionada por las aguas del río Tárcoles (fotografía: J.P. Bergoeing, 2012).

Figura 6. Río Tárcoles, curso inferior. Baja terraza fluvial, al fondo la cumbre del cerro Turrubares. En este lugar descansan apaciblemente cocodrilos que son atracción turística.

Figura 7. Desembocadura del río Tarcoles formando un extenso abanico de disolución y depositación coloidal en la bocana por efectos de la peptización del agua de mar. En la parte superior derecha el extenso manglar de Tivives (fotografía aérea oblicua, cortesía de Cavusite.org, 2010).

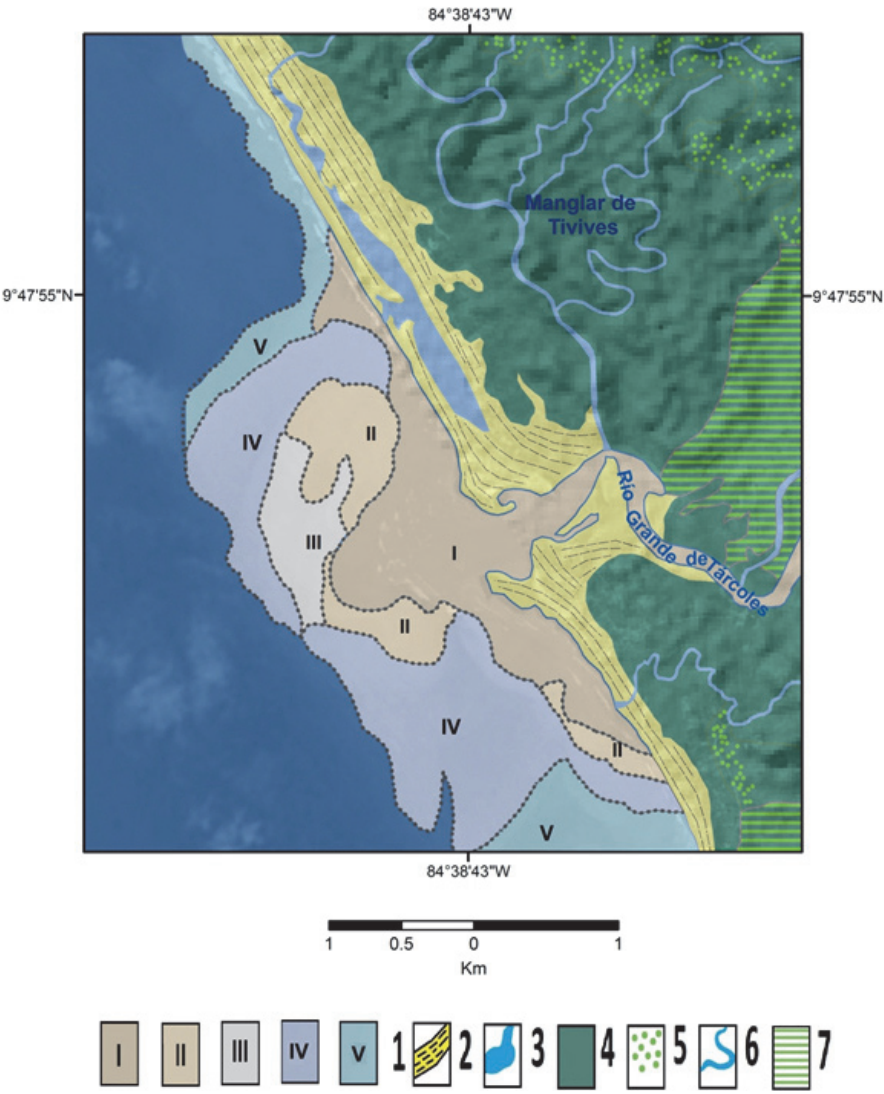


Figura 8. Geomorfología de la desembocadura del río Tárcoles. Fotointerpretación: Jean Pierre Bergoeing, basada en imagen satelital NASA, 2013.
I, II, III, IV y V. 1. Cambios de densidades de los coloides en suspensión aportados por el río que peptizan en la desembocadura y son transportados por la deriva litoral. En el fondo marino van constituyendo lentamente un delta. 2. Cordones litorales flandenses modelados por la deriva litoral. 3. Lagunas litorales. 4. Manglar de Tivives. 5. Área boscosa asociada al manglar. 6. Esteros del manglar que actuan bajo la influencia de las mareas. 7. Área agropecuaria reciente.

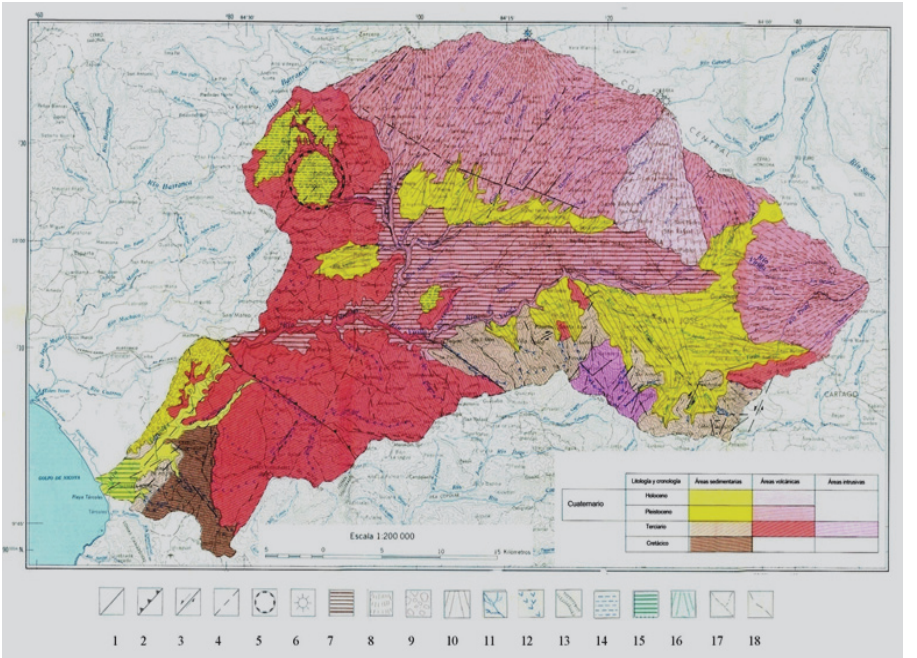


Figura 9. Mapa geomorfológico de la cuenca hirdrográfica del río Tárcoles. Basado en publicación de Bergoeing y Brenes, IGN-CR, 1983.
1. Falla normal. 2. Falla inversa. 3. Falla transcurrente. 4. Falla probable. 5. Caldera de colapso. 6. Foco volcánico. 7. Meseta estructural central. 8. Vertientes del Sur de la Cordillera Volcánica Central. 9. Lahares. 10. Abanicos aluviales. 11. Trama hídrica. 12. Valles fluviales en V. 13. Cañones fluviales. 14. Fondos paleo-lacustres. 15. Llanura litoral. 16. Área deltaica. 17. Líneas divisorias de aguas.18. Límite de la cuenca hidrográfica representada.

El río Virilla hoy constituye el principal vertedero de aguas servidas urbanas donde desaguan, sin tratamiento, aguas servidas domésticas así como de los 10 hospitales del Valle Central Occidental, convirtiéndolo en el río más contaminado de América Central.

Las ignimbritas que tapizan la parte superior de la meseta Central Occidental son el resultado de un evento volcánico mayor cual fue la erupción catastrófica y destrucción del paleo-cono volcánico del Barva, cuyo derrame se produjo hacia el Valle Central, alrededor de 0.320 M.a. según dataciones en ignimbritas de Ciudad Colón (Marshall, 2000 en Alvarado, 2012). Las ignimbritas que tapizan la meseta Central Occidental a su vez se encuentran recubiertas por cenizas y lahares provenientes de las vertientes Sur de los volcanes Barva y Poás.

El río Grande

El río Grande es el resultado de la confluencia de una serie de ríos que nacen en la Cordillera Volcánica Central, en las vertientes sur de los volcanes Poás y Chayote. Entre ellos hay que mencionar el río Sarchí, el San Juna, el Rosales, el Prendas, el Poás por citar algunos de ellos, El patrón fluvial del curso superior de estos afluentes es el de una trama subparalela basculada hacia el suroeste. Los ríos se encañonan progresivamente aprovechando una matriz arcillosa de origen cinerítica y de piroclastos dejando a veces en relieve alguna que otra colada de lava andesítica o basáltica.

El río Grande propiamente tal nace al Oeste, en el sector de San Ramón en un sector eminentemente volcánico del Plioceno (Formación o Grupo Aguacate). El río está condicionado por lo tanto por las estructuras volcánicas pre-existentes, particularmente por la caldera de colapso de Palmares en donde el río sigue un trazado estructural tectónico formando un profundo cañón fluvial. Al salir de este sector se une al río Colorado y aguas abajo recibe los cursos del Sarchí, del Rosales y del Poás formando un único cañón hasta unirse al Sur, con el río Virilla. A partir de ese instante constituyen el río Tárcoles que se dirige hacia el Oeste en busca del mar. El río Grande constituye el límite de la meseta estructural Cuaternaria del Valle Central Occidental con los afloramientos Tertciarios pliocénicos del Oeste.

La meseta Central posee una superficie irregular por estar surcada por coladas de lavas y lahares, así como algunos ríos provenientes del volcán Barva como el Siquiares y el río Segundo. La falla tectónica normal de Alajuela donde se originan una serie de abanicos aluviales marca el límite norte de la meseta Central.

El río Tárcoles

Al unirse los río Grande y Virilla pasan a constituir el río Grande de Tárcoles que no es más que una prolongación del río Virilla cuyo curo encañonado solo ha erosionado el material volcánico poco resistente aprovechando de una zona de debilidad de la corteza terrestre constituido por una serie de fallas tectónicas este-oeste. Es a partir de este punto que hemos identificado una serie de terrazas fluviotectónicas que se sitúan a diferentes altitudes pero donde las mejores desarrolladas se sitúan a los 370 metros de altitud (área de Escobal). En la margen sur hay que destacar la terraza fluvio-volcánica de San Pablo de Turrubares, en parte recubierta por ignimbritas provenientes del valle Central y que hemos datado en 1.2 M.a. (Bergoeing, 2007).

El río Tárcoles aquí se encañona profundamente, unos 200 metros, creando meandros encajonados que explotan el material volcánico diverso, particularmente en el margen sur, donde afloran las rocas volcánicas del cerro Turrubares (1,756m), antiguo volcán que surge a finales del Cretácico y prolonga su actividad como isla

hasta el Mioceno. Es en el curso inferior, en la zona de confluencia con el río Turrubares donde las altitudes de sus márgenes disminuyen considerablemente y permiten entrever una serie de afloramientos sedimentarios del Terciario compuestos principalmente por lutitas y areniscas. Ya en su desembocadura el río está rodeado por el importante manglar de Tivives que es el resultado aunado de los aportes sedimentarios de los ríos Jesús María y del río Cuarros, más las aguas del estero Guacalillos el todo adicionado a la corriente de deriva litoral que acarrea al sector los sedimentos traidos por el Tárcoles. Ello ha producido un biotopo excepcional en este sector donde prosperan las especies *Avicenia* y *Rhizophora mangle* roja y blanca.

La desembocadura del río Tárcoles en el Pacífico está formada por un delta submarino que no tardará en emerger. Ello se debe a la gran cantidad de sedimentos arcillosos y limos en suspensión que acarrea el río Tárcoles desde la cuenca superior por los efectos de erosión de sus márgenes y transporte de los mismos. Estos sedimentos al entrar en contacto con el agua de mar peptizan o floculan haciendo que la cohesión molecular de sus partículas se desvanezca y el material coloidal vaya a depositarse al fondo de la bocana.

Conclusión

La cuenca hidrográfica del río Tárcoles es una de las más importantes de Costa Rica. Ello porque sus nacientes se sitúan en el Valle Central Occidental y alimentan en agua el sector y drenan sus aguas cargadas de todo tipo de desechos cual vulgar cloaca, constituyendo uno de los ríos más contaminados no solo de Costa Rica sino que de América Central. La confluencia del río Grande viene a aliviar la contaminación del sistema fluvial. Este tiene un agente de alarma en la cuenca inferior que está constituido por los cocodrilos que en el habitan y son motivo de atracción turística en el puente de la costanera sur. El día en que estos animales mueran y sus cuerpos floten acarreados hacia el mar, será la señal que el sistema fluvial del Tárcoles alcanzó un nivel irreversible.

Bibliografía

Alvarado, G.E. y Gans, P.B., "Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central", *Revista Geológica de América Central*, núm. 46, pp. 7-122, 2012.

Battistini, R. y Bergoeing, J.P., "Volcanisme récent et variations climatiques Quaternaires au Costa Rica", *Bull. Assoc. de Géographes Français*, vol. 59, no. 485-486, pp. 96-98, Paris, 1982.

———, "Un exemple de côte a structure faillée quadrillée et Néotectonique active: la côte Pacifique du Costa Rica", *Bull. Assoc. de Géographes Français*, no. 488, pp. 199-205, Paris, 1982.

Beaudet, G.; Gabert, P. y Bergoeing, J.P., "La Cordillère de Talamanca et son Piémont (Néotectonique et variations morpho-climatiques dans le Sud-Ouest du Costa Rica", Colloque sur les Piémonts, pp. 121-134, Toulouse 12-15 mai, 1982.

Bellon, H. y Tournon, J., "Contribution de la géochronométrie K/Ar à l'étude du magmatisme du Costa Rica, Amérique Centrale", *Bull. Soc. Geol. De France*, 7-XX, pp. 955-959, Paris, 1978.

Bergoeing, J.P., "Modelado glaciar en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Informe semestral*, julio-diciembre, Instituto Geográfico Nacional, San José, 1977.

———, "L'évolution du Quaternaire au Costa Rica", *Cahiers Nantais*, no. 30-31, pp. 167-187, Nantes, 1987.

———, *Le Costa Rica: contribution à une étude géomorphologique régionale*, tésis de estado (Ph.D.), Universidad de Aix-Marseille II, Francia, 1987. 437 pp. (microfilmado por la Universidad de Lille).

———, *Geomorfología de Costa Rica*, Editorial Librería Francesa, San José, Costa Rica, 328 p., 2007.

———, *Paisajes volcánicos de Costa Rica*, Editorial Jadine, San José, Costa Rica, 2009.

———, "La trangresión flandense", *Revista Geográfica*, núm. 144, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 2009.

———, "Riesgo de desaparición de la flecha litoral de Puntarenas, Costa Rica", *Revista Geográfica*, núm. 149, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 2011.

———, "Los dos últimos periodos glaciares y la constitución de sackungs en Talamanca, Costa Rica", *Revista Geográfica*, núm. 149, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 2011.

Bergoeing, J.P.; Malavassi E. y Protti R., "Tres posibles edificios volcánicos del sector Cerros del Aguacate", Informe semestral, julio-diciembre, Instituto Geográfico Nacional, San José, 1978.

Bergoeing, J.P. y Malavassi, E., *Carta Geomorfológica del Valle Central, escala: 1:50,000* (9 hojas más texto), editada en colores por Instituto Geográfico Nacional, Costa Rica, 1981.

Bergoeing, J.P.; Brenes, L.G. y Malavassi, E., *Geomorfología de la hoja Barranca, Costa Rica, escala 1:50.000* (1 hoja) editada en colores por Instituto Geográfico Nacional, Costa Rica, 1982.

Bergoeing, J.P., y Brenes, Q., L.G., "Síntesis geomorfológica del Tárcoles", *El sistema fluvial de Tárcole*s, Costa Rica, pp. 64-66, Instituto Geográfico Nacional, San José, 1983, 83 pp.

Bergoeing, J.P. y Protti M., "Tectónica de placas y sismicidad en Costa Rica", *Revista Geográfica*, núm. 149, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, 2009.

Bergoeing, J.P.; Brenes, L.G. y Salas, D., *Atlas Geomorfológico de Costa Rica, escala 1:350,000*, Editorial Instituto Costarricense de Electricidad, ICE, San José, 2010.

Cervantes, J.F., "Estudio geológico de la zona de Tárcoles y alrededores. Provincia de Puntarenas, Costa Rica", informe de campo, UCR, 1985, 57 pp.

Carballo, M.A. y Fischer, "La formación San Miguel", Informe semestral, ene-junio, pp. 48 -144, Instituto Geográfico Nacional, San José, 1978.

Castillo, R. y Kruschensky, R., "Geologic map and cross secrion of the Abra quadrangle, Costa Rica", *Miscellaneous Investigations Series*, U.S. Geological Survey, Map 1-992, Arlington USA, 1977.

Cuffey, K. y Marshall, S., "Substantial contribution to sea-level rise during the last interglacial from the Greenland ice sheet", *Nature*, vol. 404, pp. 591-594, 2000.

Denyer, P. y Arias, O., "Estratigrafía de la región Central de Costa Rica", *Revista de Geología América Central*, núm. 12, pp. 1-59, Costa Rica, 1991.

Denyer, P. y Kussmaul, S., *Geología de Costa Rica*, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2000, 515 pp.

Dondoli, C., "Observaciones sobre las andesitas del Virilla encontradas en la perforación del túnel Ing. Dengo y Chaverri S.", pp. 324-325, Costa Rica, 1951.

Echandi, E., *Unidades volcánicas de vertiente norte de la cuenca del río Virilla*, tesis, Escuela Centroamericana de Geología, UCR, Costa Rica, 1981, 123 pp.

Fernández, M. y Rodríguez, R., *Estudio geológico del cantón de Atenas*, tesis de Licenciatura, Escuela de Geología, UCR, Costa Rica, 1952.

Fernández, M., *Daños, efectos y amenazas de tsunamis en América Central*, Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, 2001.

Franco, J.C., *La formación Coris (Mioceno, Valle Central de Costa Rica)*, tesis de licenciatura, Escuela Centroamericana de Geología, UCR, Costa Rica, 1978.

Gutenberg, B. y Richter, Ch.F., "Seismicity of Central and south América", *Geol.Sc.*, vol. 4, pp. 455, USA, 1942.

Horn, S.P., "Timing of deglaciation in the Cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Climate Research*, vol. 1, pp. 81-83, USA, 1990.

Kruschensky, R., "Geology of the Istaru Quadrangle, Costa Rica", *Geological Survey Bulletin*, vol. 1358, p. 46, USA, 1972.

Lachniet, M.S. y Seltzer G.O., "Late Quaternary glaciation of Costa Rica", *Geological Society of America Bulletin*, vol. 114, no. 5, pp. 547-558, USA, 2002.

Lachniet, S.M. y Roy, J. A., "Quaternary Glaciations-extent and chronology a closer look. Costa Rica and Guatemala", *Developments in Quaternary Science*, Elsevier, 2011.

Madrigal, R. y Malavassi, E., "Reseña geológica del área metropolitana", *Informe Técnico y Notas Geol.*, no. 29, p. 9, Dirección General de Geología, Minas y Petróleo, Costa Rica, 1967.

Malavassi, E. y Madrigal, R., *Mapa geológico del área metropolitana de Costa Rica*, Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Costa Rica, 1967.

Montero, W., *Estratigrafía del Cenozoico del área de Turrucares, provincia de Alajuela, Costa Rica*, tesis de bachillerato, Escuela Centroamericana de Geología, UCR, Costa Rica, 1975, 40 pp.

Murata, K.J., Dondoli, C. y Saenz, R., "The 1963-1965 Eruption of Irazú volcano, Costa Rica", *Bulletin Volcanologique*, vol. 29, pp. 765-796, USA, 1966.

Paniagua, S., *Contribución al conocimiento de la geología y petrología del vulcanismo Plio-pleistocénico de la Cordillera Central de Costa Rica*, tesis de Maestría, Universidad de Chile, Chile, 1984.

Pérez, W., *Vulcanología y petroquímica del evento ignimbrítico del Pleistoceno medio (0.33 M.a.) del Valle Central de Costa Rica*, tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, 2000, 170 pp.

Piedra, J., "Geología del área norte de los Cerros de Escazú, cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Informe semestral*, enero-junio, pp. 99-137, Instituto Geográfico Nacional, San José, 1979.

Protti-Quesada, J.M., *The Most recent Large Earthquakes in Costa Rica (1990Mw 7.0 and 1991 Mw7.6) and Three-dimensional Crustal and Upper Mantle P-wave Velocity Structure of Central Costa Rica*, Ph.D. dissertation, University of California, Santa Cruz, 1994, 116 pp.

Saenz, R., *Edades radiométricas de algunas rocas de Costa Rica*, Departamento de Geología, Min. E.M., Costa Rica, 1981.

Schaufelberger, P., "Un estudio geológico de la meseta Central Occidental", *Revista del Instituto de Defensa del Café*, vol. 1, no. 2, pp. 148-160, Costa Rica, 1935.

Siebert, L.; Alvarado, G.E.; Vallance, J.W.; Van Wyk, De Vries B.; "Large-volume volcanic edifice failures in Central America and associated hazards", en Rose, W.I.; Bluth, G.J.S.; Carr, M.J.; Ewert, J.W.; Patino, L .C.; Vallance, J.W. (eds.), "Volcanic hazards in Central America", *Geological Society of America*, Special Paper, vol. 412, pp. 1-26, 2006.

Tournon, J., "La cadena volcánica cuaternaria de Costa Rica, composiciones químicas de las lavas, presencia de dos series", *Informe semestral*, enero-junio, Instituto geográfico Nacional, San José, 1983.

Tricart J., "Types de lits fluviaux en Amazonie Bresilienne", *Annales de Geographie*, vol. 473, pp. 1-54, Paris, 1975.

Vargas, G., *La chaine volcanique de Tilarán et le bassin inférieur du fleuve Bebedero: conditions écologiques, végetation et mise en valeur, Costa Rica*, Thèse 3ème Cycle en Géographie, Université de Bordeaux-III, Bordeaux, 1981.

Vargas-Ramírez, J.E., "Geología de una parte de la hoja Naranjo", Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Costa Rica, 1978, 35 pp.

Weyl, R., "Las ignimbritas centroamericanas", *Informe semestral*, enero-junio, pp. 39-59, Instituto Geográfico Nacional, San José, 1960.

Williams, H., "Volcanic history of the meseta Central Occidental, Costa Rica", *University of California Publications in Geological Sciences*, vol. 29, no. 4, pp. 145-180, Berkeley, Los Angeles, 1952.

Woodring, W.P. y Malavassi, E., "Miocene foraminifera, mollusks and barnacles form the Valle Central, Costa Rica", *Journal of Paleontology*, vol. 35, no. 3, pp. 489-497, Tulsa, USA, 1961.

Estabilidad de la línea de costa frente al calentamiento global: análisis de sectores costeros en Tacna y Piura, Perú

Carlos Tavares Corrêa*
Gustavo Rondón**

Abstract

Geographic information system (GIS) is a powerful tool to analyzing historical shoreline changes from several cartographic sources. The present study analyzed changes along two coastal areas in the department of Piura (Sector Chira river mouth-Colan beach) and the department of Tacna (Sector Boca del Rio, Los Palos beach) in Peru, by using Digital Shoreline Analysis System (DSAS), an extension of ArcGIS. The results show that in Tacna, shoreline tends to the stability or accretion in the period 1955-2004 with rates of 0.2 to 1.0 meters/year. Moreover, in Piura, the sector nearest to Chira river mouth shoreline tends to accretion with rates between 1.5 to 1.7 m/year. On the other hand, closest to Colan beach the shoreline trends are erosion with rates between -2 m/year to -4.1 m/year. The different behavior of two extreme coastal regions reinforces the local nature of the causes of beach erosion in the country. While El Niño has a very important role in the shoreline stability in the northern Peruvian coastline, the recent tectonic activity may be an important factor to explain the accretion of the coastline in southern Peruvian coastline.

Key words: *GIS, shoreline changes, erosion, accretion, Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*.

Resumen

Mediante el empleo de material cartográfico y Sistema de Información Geográfica (SIG), se analizó la variación de la línea de costa en dos sectores ubicados en el

* Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA), Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universidad 1801, San Miguel, Lima, Perú, correo electrónico: ctavare@pucp.pe
** Correo electrónico: gustal34@gmail.com

departamento de Piura (sector río Chira-Colán) y en el departamento de Tacna (sector Boca del Río-Los Palos). El sector de Tacna presentó tendencia a la estabilidad o el avance de la línea de costa en el periodo analizado (1955-2004) con tasas del orden de 0.2 a 1.0 metros/año. Por otra parte, el sector río Chira-Colán presentó elevadas tasas de avance de la línea de costa, en Colán (1.5 metros/año) y desembocadura del río Chira (1.7 metros/año). Ya el tramo al sur entre el río Chira y Colán, la tendencia de la línea de costa fue netamente erosiva con retrocesos del orden de -2 metros/año hasta -4.1 metros/año. El comportamiento distinto de dos regiones costeras extremas del país refuerzan el carácter local de las causas de la erosión de playas en el país. Mientras que el fenómeno de El Niño tiene un papel muy importante en la estabilidad de la línea de costa en el norte del país, la actividad tectónica reciente puede ser un factor de gran importancia para explicar el avance de la línea de costa en el sur del país.

Palabras clave: *SIG, línea de costa, avance, retroceso, erosión, DSAS*.

Introducción

En la costa peruana, la erosión de playas ocurre, principalmente en sectores costeros directamente afectados por actividades humanas que alteran el equilibrio natural de las playas, como es el caso del impacto de la construcción del puerto de Salaverry en las playas de Las Delicias (León y Tavares Corrêa, 2004; Tavares Corrêa, 2010), Buenos Aires y Huanchaco (Tavares Corrêa, 2010); de la apropiación indebida y la erosión de la playas en Villa (Tavares Corrêa, 2010; Grández, 2010) o en la Esmeralda de Colán (Rondón, 2011); y de la construcción de espigones y la reducción de playas arenosas en la Costa Verde (Leceta, 2009). En estos casos, no se puede atribuir a un fenómeno de carácter global a la erosión de playas, principalmente debido a que en otros sectores costeros no alterados, como el litoral al norte del puerto de Chicama, en La Libertad (Tavares Corrêa y Drenkham, 2010) o parcialmente alterados, como el litoral al sur de Chorrillos, en Lima (Grández, 2010), presentan playas en condiciones relativamente estables. Sin embargo, los datos de marea del puerto del Callao indican que el nivel del mar se elevó en 50mm entre 1942 y 2001 (Quispe Arce, 2002). Este aumento corresponde a una tasa de elevación del nivel del mar del orden de 0.83mm al año. Si bien ésta es una tasa muy inferior al promedio de elevación del nivel del mar a escala global para el periodo entre 1993 y 2009, estimada en 2.8 ± 0.8mm/año a partir de datos *in situ* (Church y White, 2011), la combinación con otros eventos de orden meteorológico tales como los fuertes oleajes de invierno y, principalmente, el fenómeno de El Niño, provocan una sobre elevación del nivel del mar de hasta 0.4m en la costa norte del país, como ocurrió durante el verano de 1998 (Senamhi, 2004).

Durante el presente siglo, el nivel del mar seguirá en aumento y, probablemente superará a las tasas ya registradas en la primera década del siglo XXI, que a escala

global superan a los 3 milímetros anuales (Church y White, 2006 y 2011). A largo plazo, esta tendencia provocará una aceleración de los procesos erosivos en los sectores costeros ocupados por las actividades humanas, lo que provocará pérdidas económicas aún no debidamente evaluadas. Sin embargo, se sostiene la hipótesis que los efectos de la elevación del nivel del mar a escala global no se hacen notar en la costa peruana dado que los casos de erosión de playas no ocurren de forma generalizada, sino localmente, en sectores costeros alterados por la ocupación humana. En este sentido, el objetivo del presente estudio es evaluar el grado de estabilidad que presenta la línea de costa en sectores alterados y no alterados por las actividades humanas.

Área de estudio

Con este propósito, se analizaron dos sectores costeros ubicados en los departamentos de Tacna y Piura. El sector comprendido entre el balneario de Boca del Río Sama (18° 09' 27" S y 70° 40' 41" W) y Los Palos (18° 13' 58" S y 70° 31' 57" W), en el departamento de Tacna, tiene una extensión de 17km, aproximadamente, y se ubica al sur de la desembocadura del río Sama. Se trata de un sector no alterado significativamente por las actividades humanas y con baja densidad poblacional a pesar de la presencia de dos balnearios importantes de la región, que son los balnearios de Boca del Río y Llostay (véase Figura 1).

Por otra parte, el sector ubicado entre el Puerto de Paita (04° 54' 18" S y 81° 08' 57" W) y la desembocadura río Chira (05° 04' 27" S y 81° 03' 19" W), se extiende a lo largo de 34 kilómetros de línea de costa donde se localizan la ciudad de Paita y el balneario de Colán. El presente estudio se concentra en analizar el tramo comprendido entre el balneario de Colán y la desembocadura del río Chira (véase Figura 2). Una descripción completa de toda la línea de costa de la bahía de Paita se encuentra en el trabajo de Rondón (2011).

Metodología

Se analizó la estabilidad de la línea de costa para los sectores seleccionados según la metodología descrita por Leceta (2009), Grández (2010), Rondón (2011) y Tavares Corrêa y Drenkham (2010). El análisis se basó fundamentalmente en la aplicación de la extensión Digital Shoreline Analyzis System (DSAS), desarrollada por Thieler *et al.* (2005). El DSAS es una extensión diseñada para el software ArcGIS ArcInfo 9.2 de ESRI, y consiste en la determinación de la distancia más corta entre las líneas de costa a partir de una línea de referencia común y medida regularmente a cada 100 metros. Se utilizaron los siguientes parámetros estadísticos: el Coeficiente de cambio final (EPR), que representa la tasa de variación neta anual (en metros/año); y el movimiento neto de la costa (NSM), que representa la variación

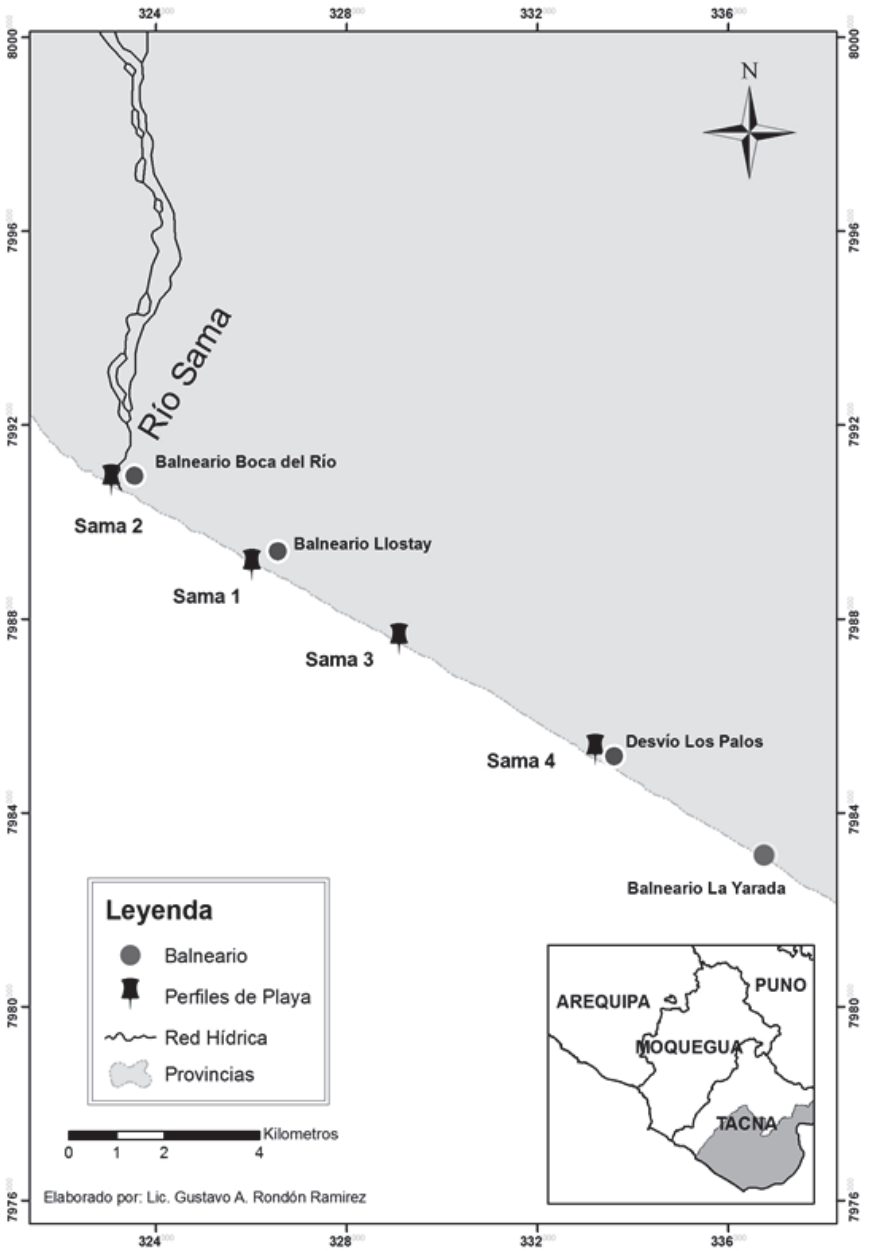


Figura 1. Ubicación del sector entre el balneario de Boca del Río (Sama 2) y Los Palos (Sama 4) y de los perfiles de playa que caracterizan este sector. El mapa está definido según la proyección UTM, Datum WGS 84, zona 19.

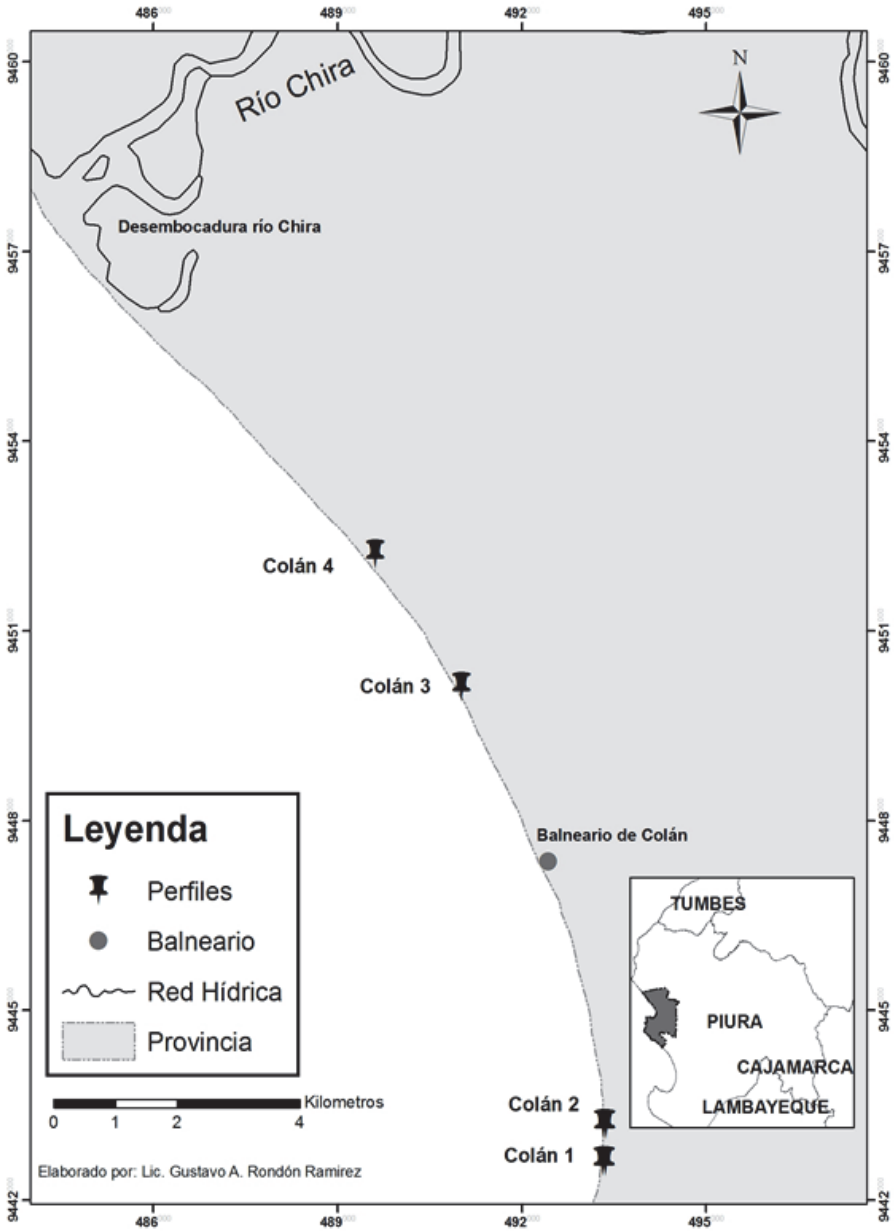


Figura 2. Ubicación del sector entre el balneario de Colán (Colán 1) y la desembocadura del río Chira (Colán 4) y de los perfiles de playa que caracterizan este sector (Colán 1, 2, 3 y 4). El mapa está definido según la proyección UTM, Datum WGS 84, zona 17.

total en metros de la línea de costa durante el periodo analizado. En ambos índices, los valores positivos representan periodos de acumulación y los negativos representan periodos de erosión de la línea de costa.

La línea de costa fue trazada según criterios previamente discutidos en León y Tavares Corrêa (2006). Ésta corresponde a la distancia media entre la línea que representa la marca visible de la pleamar y la línea de litoral de la foto o imagen. Con este criterio, se pretende reducir el error de interpretación que se puede incurrir al comparar dos líneas de costa de años distintos que se encuentran separadas por unos pocos metros. Dada las limitaciones para definir el nivel medio del mar en las fotos o imágenes se optó por trabajar con un error de variación estimado a partir de la pendiente de la playa y de la amplitud máxima de marea. Se determinó la pendiente a partir del levantamiento del perfil de playa según la técnica de Emery (1962), mientras que la máxima amplitud de marea se obtuvo a partir de los datos proporcionados por la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina de Guerra del Perú. Según este criterio, la distancia horizontal entre la pleamar y la bajamar (Figura 3) será mucho más grande en una playa suavemente inclinada que en otra fuertemente inclinada. Al comparar dos líneas de costa de años diferentes, la distancia que separa a ambas solo corresponde a un retroceso o avance neto de la línea de costa durante el periodo analizado, si la distancia entre ellas es superior a la distancia horizontal de la amplitud máxima de marea. De lo contrario, la variación medida correspondería a momentos dentro del ciclo de marea y no un cambio neto de la línea de costa.

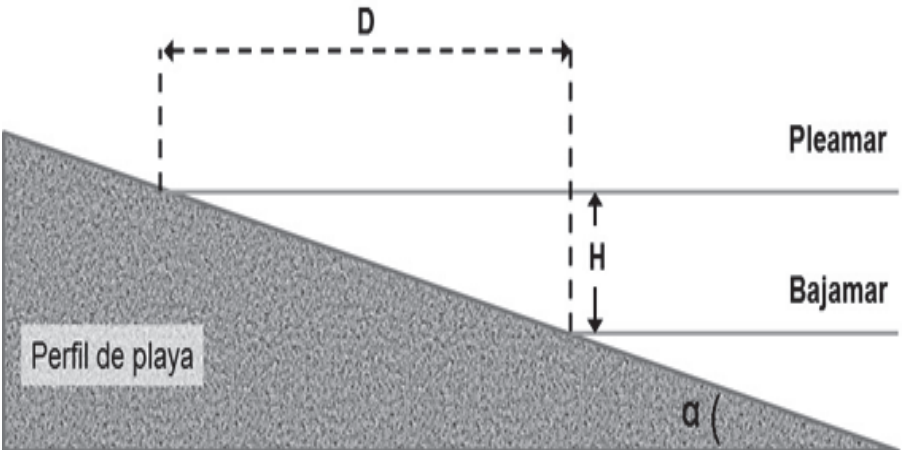


Figura 3. La variación horizontal entre la pleamar y la bajamar (D) depende de la pendiente de la playa (α) y de la amplitud máxima de marea (H).

Resultados

Perfiles de playa

En las Figuras 4 y 5 se presentan los perfiles de playa levantados, respectivamente en los sectores costeros de Sama y Colán. En las Tablas 1 y 2 se presentan el error estimado a partir de los perfiles levantados en cada localidad. Las pendientes de los perfiles de Colán son más pronunciadas (2.95º) que las de los perfiles de Sama (2.5º). Estas pendientes, combinadas con la amplitud máxima de marea de cada localidad permitieron determinar que el margen de error estimado para Colán es superior (±21.5m) al error estimado para Sama (±16.2m), principalmente, debido a la mayor amplitud máxima de marea en la costa norte del país.

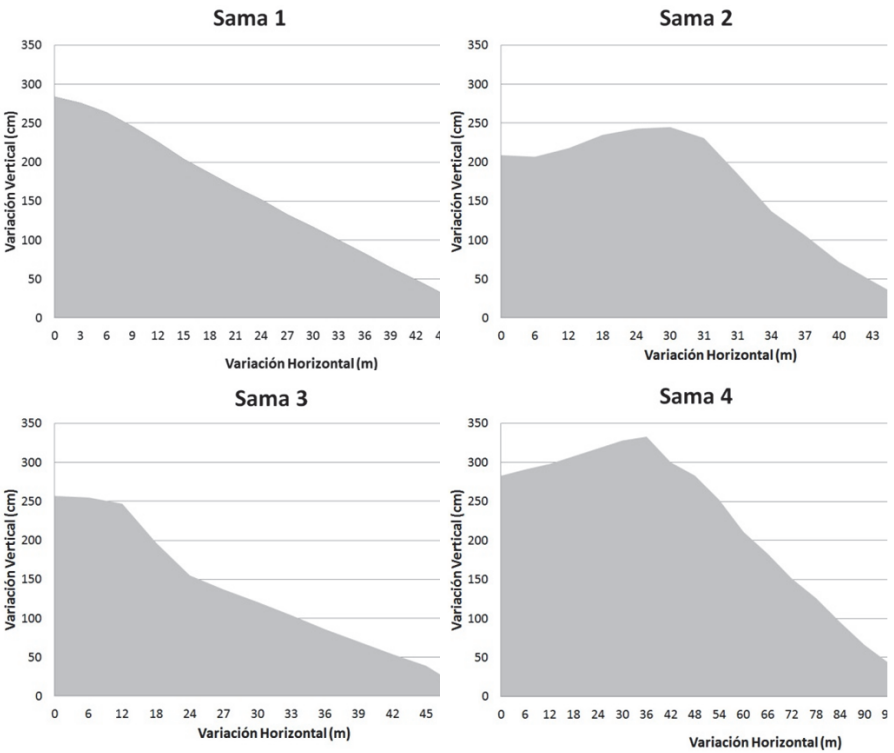


Figura 4. Perfiles de playa levantados en las estaciones Sama 1, 2, 3 y 4 identificados en la Figura 1.

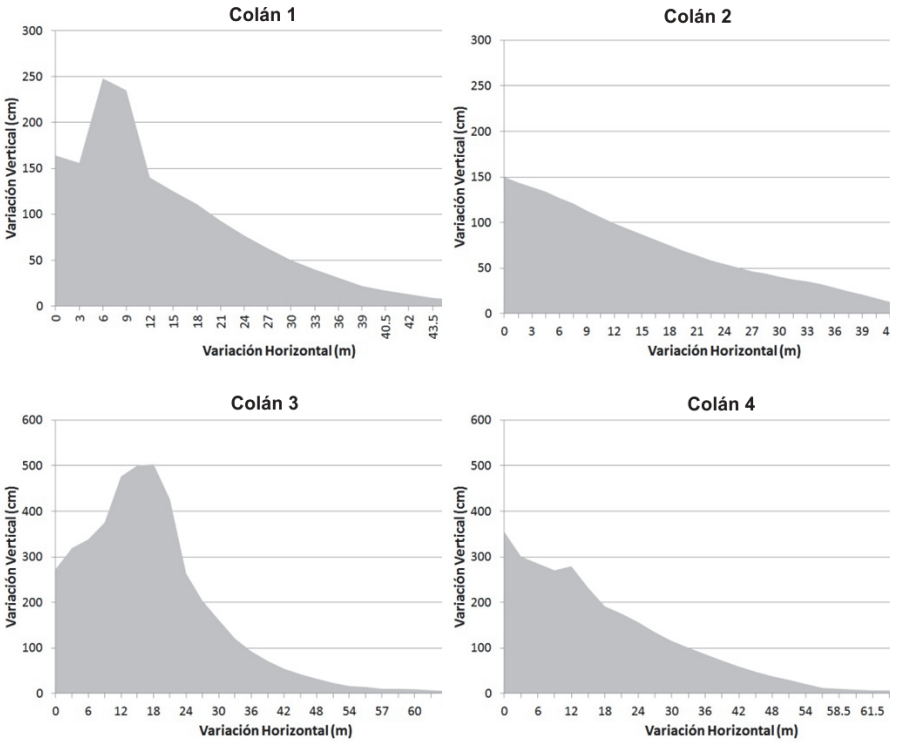


Figura 5. Perfiles de playa levantados en las estaciones Colán 1, 2, 3 y 4 identificados en la Figura 2.

Tabla 1
Error estimado para los perfiles del sector Boca del Río-Los Palos

Perfil	Pendiente (Grados)	Amplitud Máxima de Marea (metros)	Variación Horizontal de la marea (metros)	Margen de Error Estimado (metros)
Llostay	2.3	1.36	33.8	±16.6
Boca del rio Sama	2.2	1.36	35.9	±17.9
Sur de Llostay	3.4	1.36	22.6	±11.3
Desvio Los Palos	2.1	1.36	38	±19.0

Tabla 2
Error estimado para los perfiles de Colán

Perfil	Pendiente (Grados)	Amplitud Máxima de Marea (metros)	Variación Horizontal de la marea (metros)	Margen de Error Estimado (metros)
Colán Norte (P 3 y 4)	2.7	2.2	47.1	±23.6
Colán Sur (P1 y 2)	3.2	2.2	38.7	±19.4

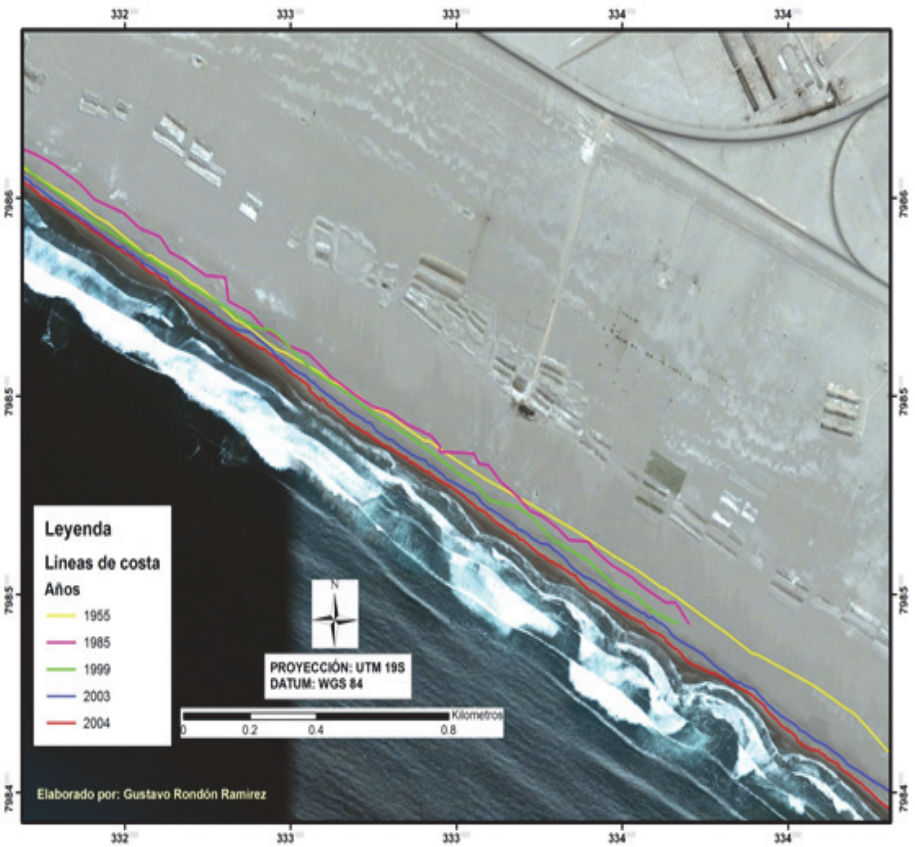


Figura 6. Variación de la línea de costa para el sector Llostay, Los Palos para los años 1955, 1985, 1999, 2003 y 2004.

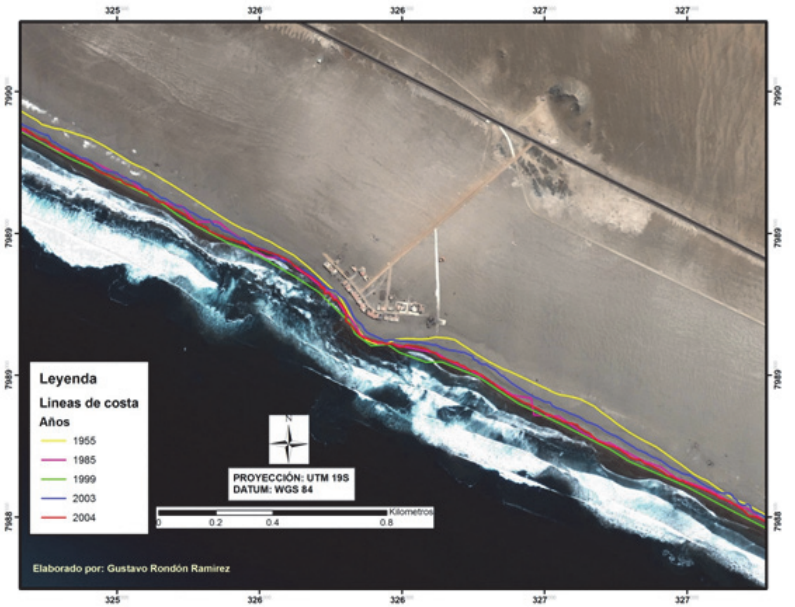


Figura 7. Variación de la línea de costa para el sector balneario Llostay para los años 1955, 1985, 1999, 2003 y 2004.

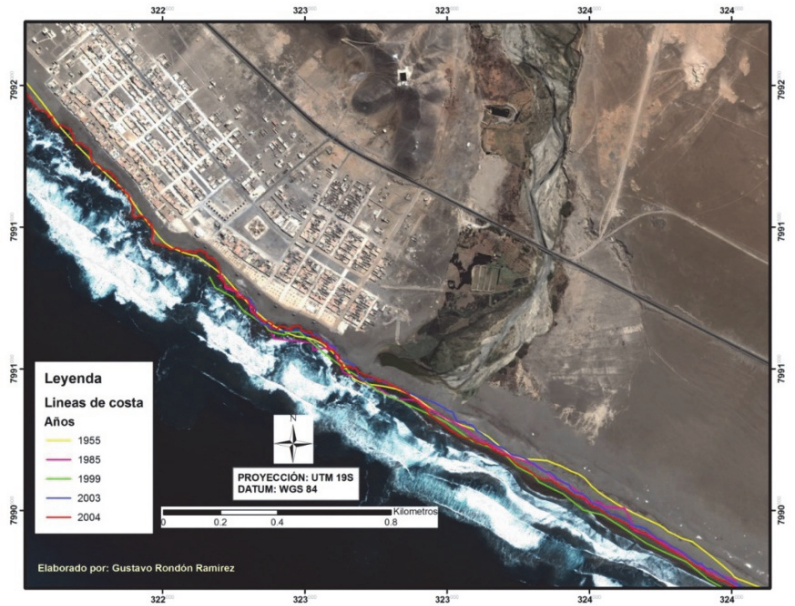


Figura 8. Variación de la línea de costa para el sector balneario Boca del Río, desembocadura del río Sama para los años 1955, 1985, 1999, 2003 y 2004.

Variación de la línea de costa: sector Boca del Río-Los Palos

En la Figura 6 se representa la variación de la línea de costa de Sama, frente al desvío a la ciudad de Tacna, en el sector conocido como Los Palos (Sama 4 en la Figura 1). La línea de color amarillo (1955) es la línea de costa más antigua y la de color rojo (2004) la más reciente; entre ambas se cuantificó un distanciamiento de aproximadamente 116 metros. Dado que el error promedio estimado para este sector es de ±16.2 metros se considera que la línea de costa ha avanzado hacia el mar de forma apreciable. Además, se puede notar que las líneas de costa que representan los años intermedios (1985, 1999 y 2003) siguen la misma tendencia secuencial de progradación hacia el mar.

Por otra parte, la Figura 7 muestra la variación de la línea de costa en el balneario de Llostay. Este balneario se ubica frente a unas peñas, que claramente son identificadas porque es donde las líneas de costa presentan una mayor estabilidad. Dado el comportamiento presentado por las líneas de costa de los años 1985, 1999, 2003 y 2004, este sector costero tiene una gran estabilidad pues su variación está dentro del margen de error estimado (±16.2 metros); sin embargo, se puede apreciar que, con relación a la línea de costa del año 1955, hay un tramo cuya tendencia es de avance con una variación aproximada de 60 metros. Este comportamiento concuerda con la tendencia observada más al sur, de un avance de la línea de costa en el lapso de 50 años. Cabe mencionar que el balneario de Llostay no tiene estructuras costeras que puedan condicionar la variación de la línea de costa y que su ocupación es reciente, a partir de la década de los ochenta.

La Figura 8 corresponde al extremo norte del sector de línea de costa estudiado. Se trata de la desembocadura del río Sama y el balneario de Boca del Río. En esta zona la línea de costa presenta la mayor estabilidad en toda el área de estudio. Las variaciones son casi nulas durante los diferentes periodos, todas dentro de los márgenes de error estimados (±16.2 metros). Al igual que en el balneario de Llostay, en el balneario de Boca del Río no existen estructuras costeras que puedan influir en la variación de la línea de costa y la desembocadura del río Sama no parece tener una mayor influencia en su costa adyacente. Sin embargo, cabe mencionar que es a partir de la desembocadura que la línea de costa presenta una tendencia de avance que se hace evidente más al sur, entre los años de 1955 y 2004.

Variación de la línea de costa: sector río Chira-Colán

La Figura 9 corresponde al sector de la Esmeralda de Colán. Lo primero que se puede señalar es que el impacto del evento El Niño es un factor que se distingue claramente en el norte del país. Luego del evento de 1997-1998, se puede observar que la línea de costa del año 1999 ha avanzado hacia el mar más que en cualquier otro año analizado. Se trata de un sector costero cuya línea de costa es muy dinámi-

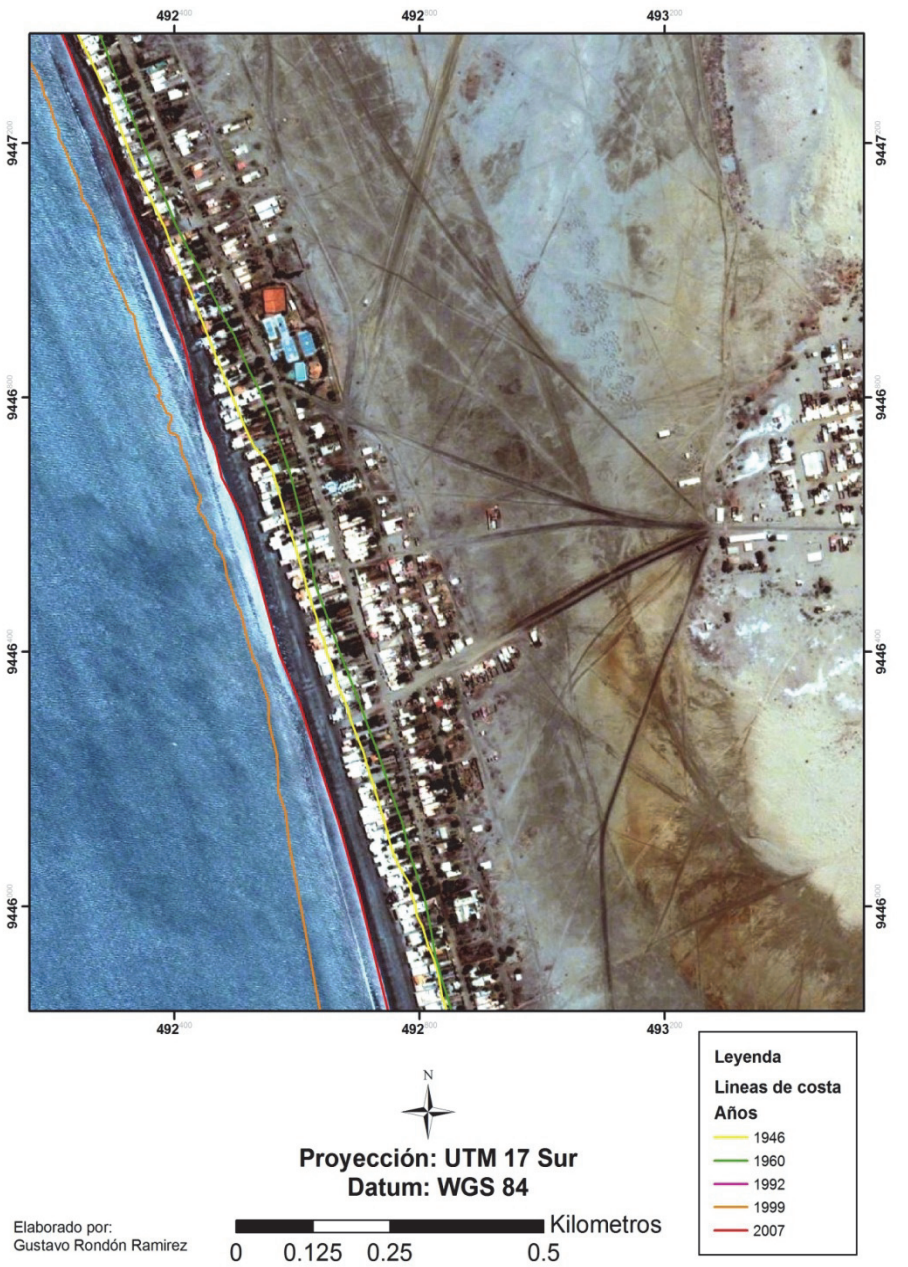


Figura 9. Variación de la línea de costa para el sector de Colán en los años 1946, 1960, 1999 y 2003-2007.

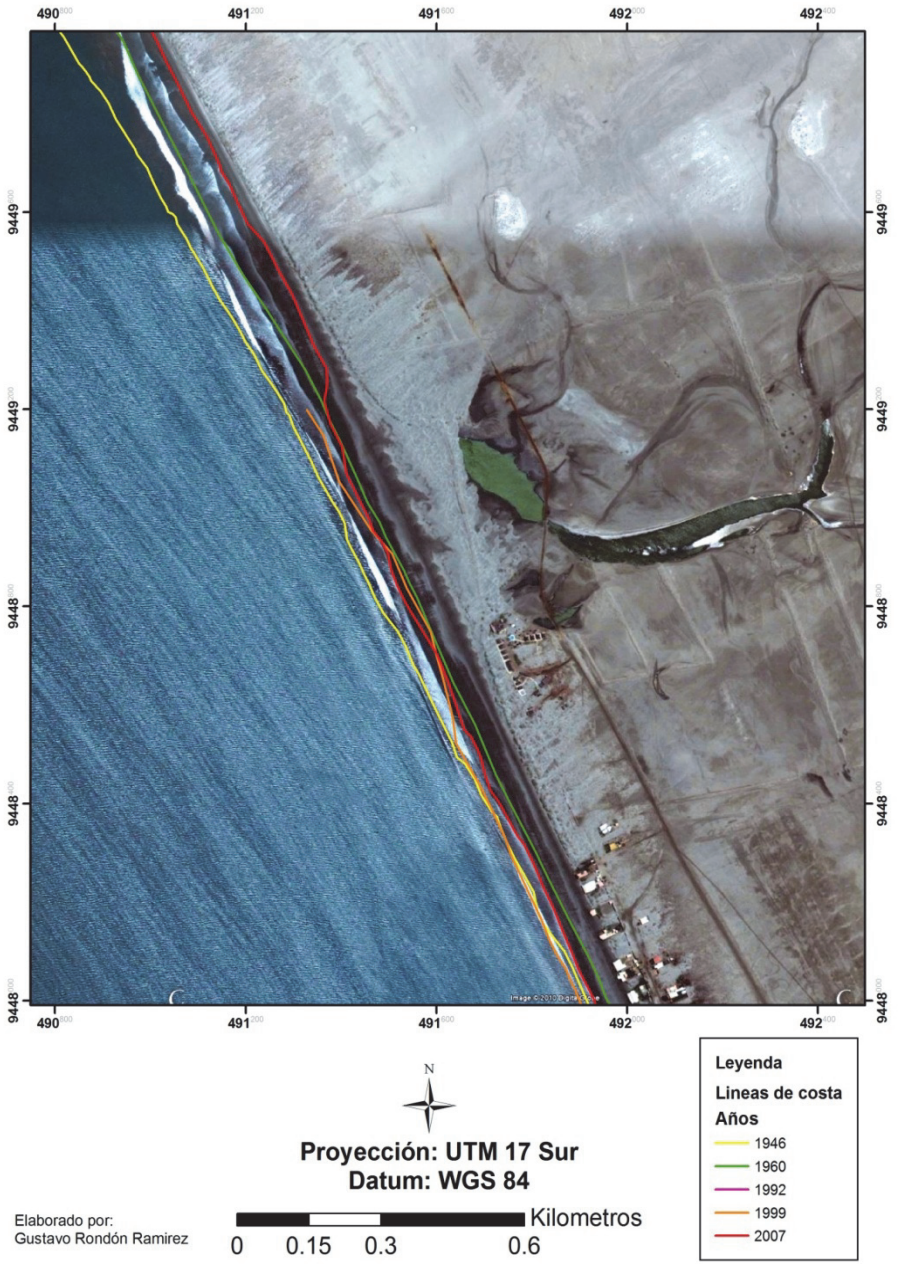


Figura 10. Variación de la línea de costa para el sector sur de la desembocadura del río Chira en los años 1946, 1960, 1999 y 2007. En esta figura, se puede notar el extraordinario retroceso de la línea de costa de 1946 a 2007.

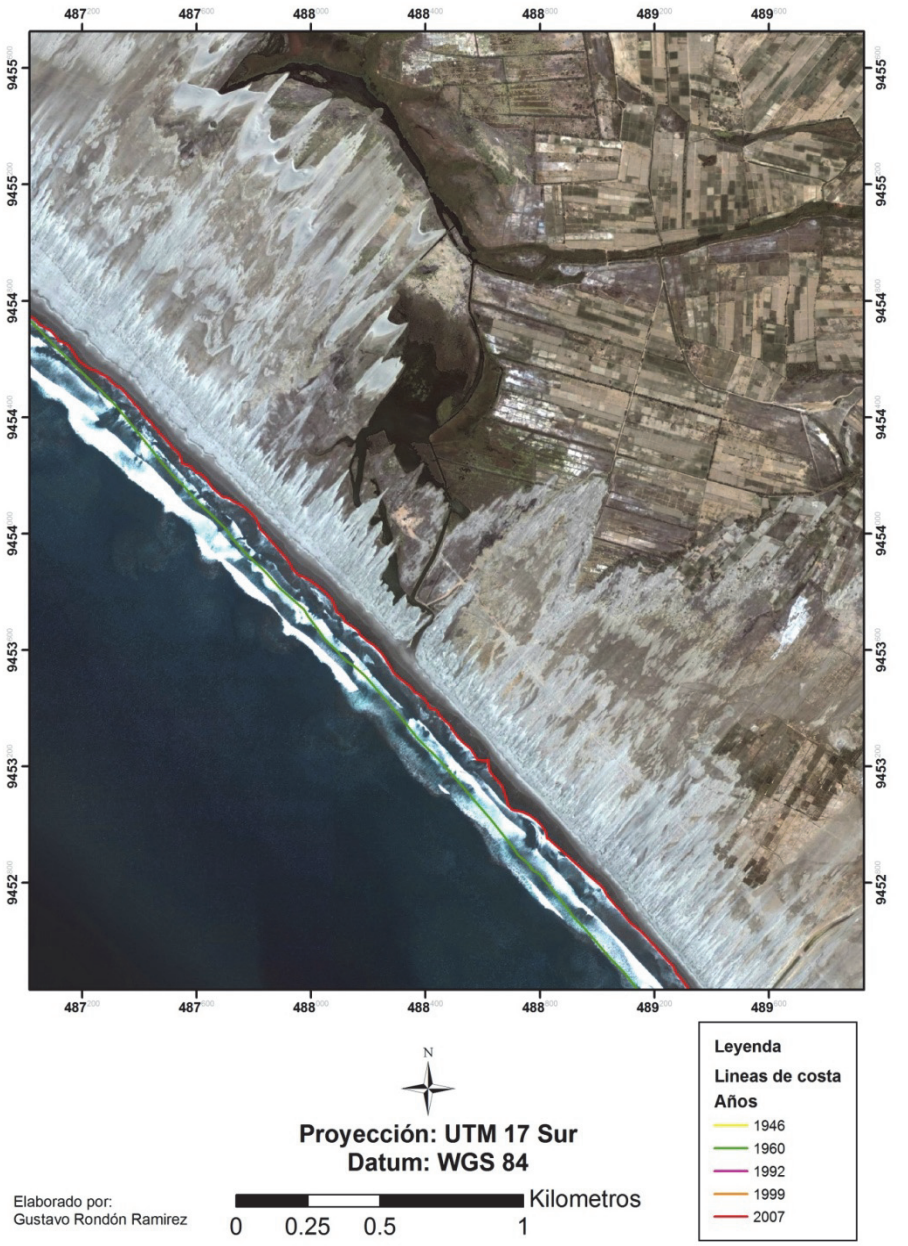


Figura 11. Variación de la línea de costa para el sector sur de la desembocadura del río Chira en los años 1946, 1960, 1999 y 2007. En esta figura, el retroceso es casi paralelo entre 1960 y 2007.

ca debido a la presencia del evento El Niño. Entre los años 1946 y 1960 la línea de costa retrocedió, lo que caracterizó un momento erosivo. Entre 1960 y 1999, el proceso es al revés, caracterizado por un periodo deposicional. Finalmente, entre 1999 y 2004-2007 la línea de costa presenta nueva tendencia erosiva con el retroceso de la línea de costa. La línea de costa actual representa un punto intermedio entre las mencionadas anteriormente. Cabe señalar que la primera línea de casas observadas en el mapa, son en realidad la segunda línea de casas, pues las primeras fueron destruidas en el evento El Niño 1982-1983 y 1997-1998. Con este dato y observando las líneas de costa históricas se puede señalar que en un primer momento el nivel del mar aumenta y genera erosión para luego transformarse en un proceso sedimentario.

En las Figuras 10 y 11 se muestran los sectores al sur de la desembocadura del río Chira. En este sector se observa el predominio de la erosión o del retroceso de la línea de costa en un sector no ocupado por la actividad humana. En la Figura 10, se puede observar que desde el año 1946 el retroceso de la línea de costa ha sido gradual hasta alcanzar a varios cientos de metros. El mismo fenómeno se ve en la Figura 11 donde, entre el año 1960 y la línea de costa actual también se ha dado un fuerte retroceso. Estos procesos también podrían ser relacionados con los caudales excepcionales del río Chira durante eventos El Niño y que puede ser el principal responsable por este fuerte proceso erosivo.

Análisis DSAS: sector Boca del Río-Los Palos

En la Figura 12, que representa el movimiento neto de la línea de costa en el sector Sama entre 1955 y 2003-2007, se observa el predominio de valores positivos en 90.6% del sector analizado. Cuando se toma en cuenta un error de ± 16.2 metros, se obtiene que el 71.1% de la línea de costa ha avanzado, el 27.8% se ha mantenido estable y solamente el 1.1% de la línea de costa ha sufrido un retroceso por erosión durante los 52 años analizados. El promedio general acusa un avance de la línea de costa del orden de 53 metros y un valor máximo de 151 metros.

Para realizar un análisis más detallado se han delimitado tres sectores: balneario Boca del Río-desembocadura del río Sama; balneario de Llostay y el sector conocido como el desvío a Los Palos. En la primera el movimiento neto de la línea de costa promedio es de 11.46 metros, en la segunda el promedio es de 52.15 metros y en la tercera de 57.85 metros. Destaca en este análisis la zona del desvío a Los Palos, pues se puede ver claramente que el proceso de sedimentación se incrementa de norte a sur.

La tasa anual de variación, representada en la Figura 13, muestra la línea de costa que avanza en dirección hacia el mar con un valor promedio para todo el sector del orden de 0.98 metros/año. La tasa máxima de erosión identificada fue de -0.47 metros/año y corresponde a la desembocadura del río Sama que se está cerrada durante gran parte del año y erosiona la playa con el aumento del caudal del río durante los meses de verano. Por otra parte, la tasa máxima de acumulación fue del orden de 3.1 metros/año, coincide con el sector Los Palos. A partir de un análisis más detallado y según los mismos tres sectores antes mencionados, se tiene que en Boca del Río Sama la tasa de cambio final promedio es de 0.24 metros/año, en la zona de Llostay el promedio es de 1.06 metros/año y en la zona del desvío a Los Palos es de 1.22 metros/año. En todos estos sectores, la línea de costa ha experimentado un avance en dirección hacia el mar.

Análisis DSAS: sector río Chira-Colán

En la Figura 14, que representa el movimiento neto de la línea de costa en el sector desembocadura del río Chira y balneario de Colán (1946-2007), se observa un cierto equilibrio entre avance y retroceso de la línea de costa. El predominio de valores positivos, que representa el avance, aparecen en el 40.2% del sector analizado, mientras que los valores negativos, equivalentes al retroceso (erosión) de la línea de costa superan a los anteriores con un 54.9% del sector. Prácticamente, todos los valores de variación de la línea de costa encontrados superan el margen de error, estimado en ± 21.5 metros. La excepción fue un sector equivalente al 4.9% de la línea de costa que fue considerada como estable. Corresponde a un estrecho sector de alrededor de 400 metros, ubicado en la transición del sector erosivo de la desembocadura del río Chira y el deposicional del balneario de Colán. El promedio general de avance de la línea de costa es de 85.3 metros con un valor máximo de 124.6 metros, mientras que promedio del sector erosivo es de -108.3 metros y el valor máximo de -256.7 metros.

Por otra parte, la tasa anual de variación (Figura 15), muestra que la línea de costa avanza con tasas más elevadas en la desembocadura del río Chira, con 1.7 metros/año en promedio y máximo de 2.6 metros/año, que en Colán, con 1.5 metros/año y 2.1 metros/año, respectivamente. Ya el sector erosivo al sur del río Chira presentó promedios de -2 metros/año y valores máximos de -4.1 metros/año, constituyéndose en el sector de mayor variación de la línea de costa analizado.

Discusión y conclusiones

Tavares Corrêa y Drenkhan (2010) plantean que la erosión de playas en el Perú responde a causas de carácter local y no de carácter global. El carácter global de la erosión de playas (Zhang, Douglas y Leatherman, 2004; Bird, 1985) se debe a la elevación del nivel del mar en respuesta al calentamiento global (Bindoff *et al*., 2007). En este sentido, es de esperarse que la erosión predomine en toda la línea de costa del país.

El inventario que se viene realizando en playas de diferentes regiones de la costa peruana, que en parte es el propósito de este estudio, busca identificar sectores costeros que sufren erosión y las causas de este proceso. En los sectores ya identificados, la erosión tiene una causa local y está presente en donde los procesos naturales fueron alterados por la ocupación humana, como en el caso de la erosión de las playas de Trujillo debido a la construcción del puerto de Salaverry (León y Tavares Corrêa, 2005), o de las playas de la bahía de Miraflores debido a la construcción de molones e infraestructura vial (Leceta, 2009; Tavares Corrêa, 2010), debido a la presencia de urbanizaciones muy próximas al mar en la parte norte de La Chira-Lurín (Grandez, 2010) y Paita (Rondón, 2011). Por otra parte, en sectores no ocupados o ligeramente alterados por actividades humanas, con en el sector Chicama-Puémape (Tavares Corrêa y Drenkhan, 2010) o en la parte centro-sur del sector La Chira-Lurín (Grandez, 2010), no se identificó erosión de la línea de costa, sino tendencias a la estabilidad o el avance de misma en dirección al mar.

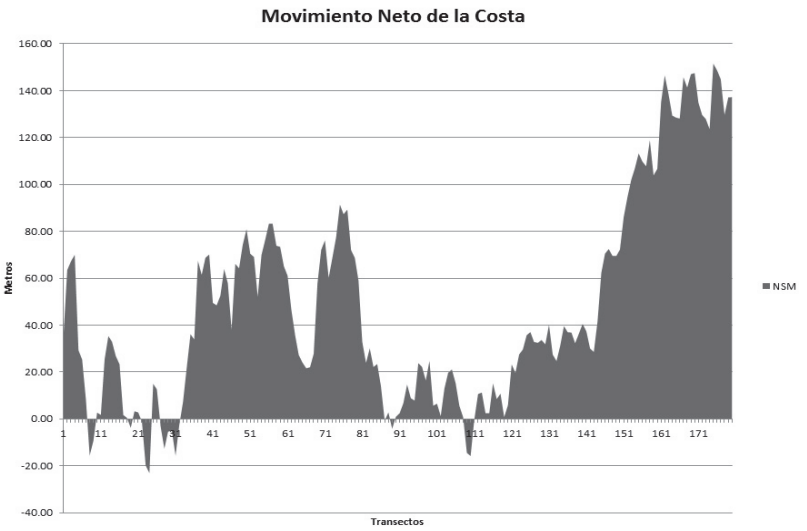


Figura 12. Variación de la línea de costa entre Boca del río Sama y Los Palos, Tacna (1961-2006).

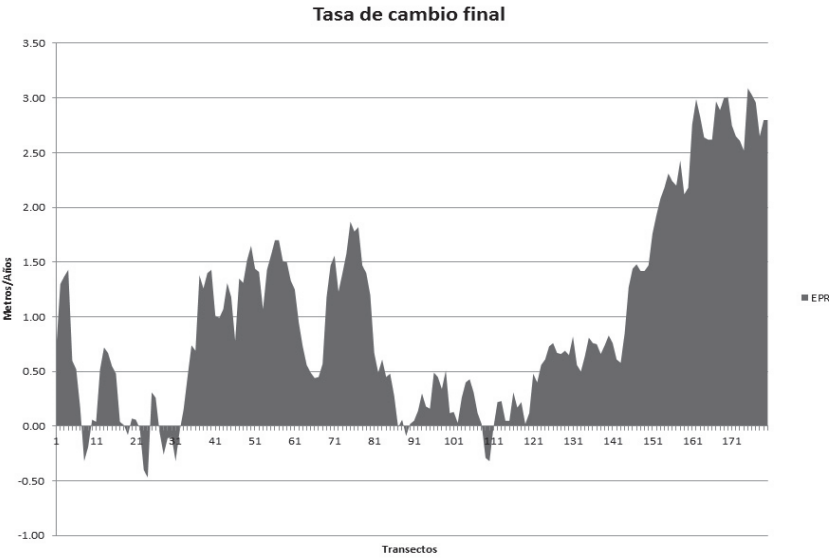


Figura 13. Tasa anual de variación de la línea de costa entre Boca del Río Sama y Los Palos, Tacna (1961-2006).

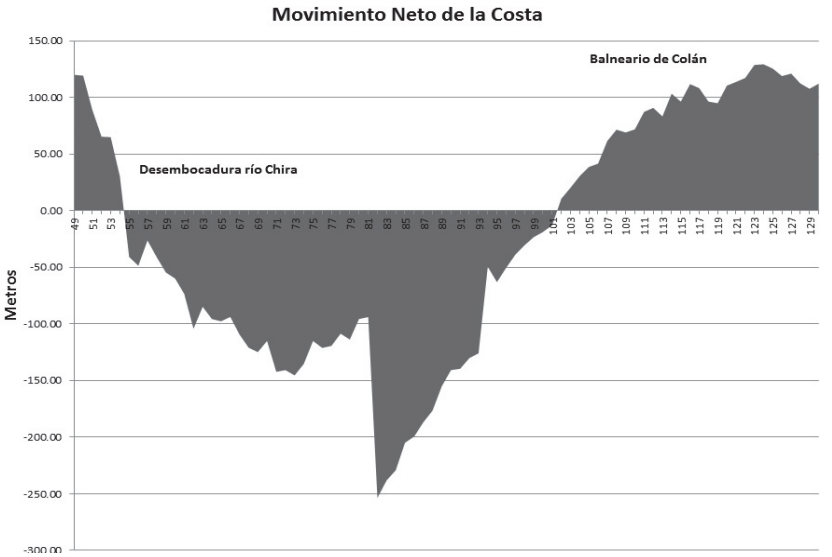


Figura 14. Variación neta de la línea de costa entre la desembocadura del río Chira y el balneario de Colán (1946-2007).

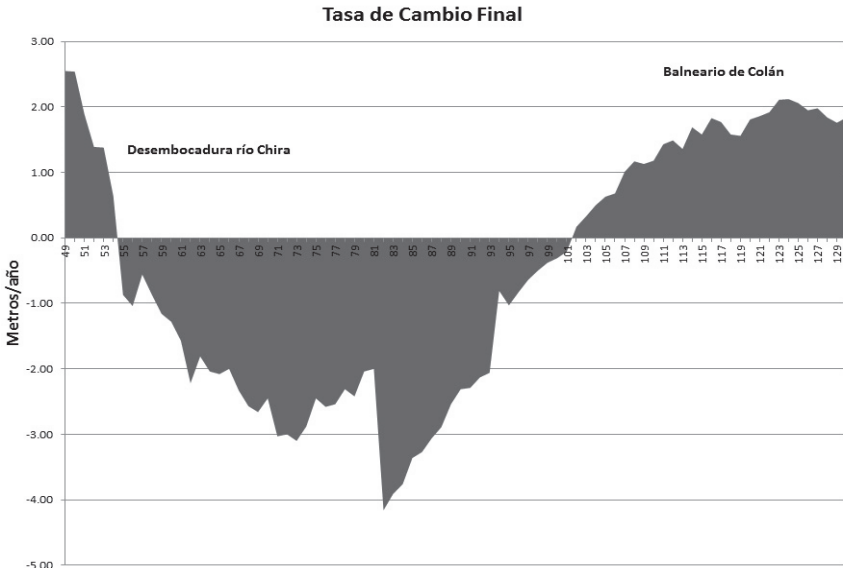


Figura 15. Tasa anual de variación de la línea de costa entre entre la desembocadura del río Chira y el balneario de Colán (1946-2007).

Además del impacto de las actividades humanas en la estabilidad de la línea de costa, con las dos localidades analizadas en este estudio se introducen dos nuevas variables que aún no habían sido consideradas para la costa peruana, debido a su carácter más complejo. En el caso del sector río Chira-Colán, en Piura, el fenómeno de El Niño tiene un papel muy importante en la estabilidad de la línea de costa debido a que es un fenómeno de carácter cíclico con periodos no muy regulares y que actúa en diferentes grados de magnitud. Su presencia en la costa peruana tiene incidencia en dos factores importantes: el primero es la sobreelevación del nivel del mar entre 15 y 40cm y la erosión de playas (Senamhi, 2009); y el segundo es el gran arrastre de sedimentos por los ríos hacia el mar debido a las lluvias intensas causadas por este fenómeno, hecho que fue documentado en la playa de Máncora por Woodman y Mabres (1993). A pesar de que ambos factores actúan en sentido contrario, pues uno causa erosión y el otro, la sedimentación en las playas, Rondón (2011) plantea que el principal impacto del fenómeno de El Niño en la costa es la sedimentación.

Se puede observar en las Figuras 10 y 11 un gran avance de la línea de costa del año 1999 con respecto a los años anteriores. Esto se debió a una sedimentación extraordinaria, principalmente en la zona sur de la desembocadura del río Chira a raíz del fenómeno de El Niño 1997-1998 (Rondón, 2011). Sin embargo, durante el fenómeno de El Niño de 1983 el balneario de Colán ha sufrido una fuerte erosión

con la consecuente destrucción de casas (Woodman y Mabres, 1993). El impacto del fenómeno de El Niño en la línea de costa no es igual en todos los sectores costeros afectados. Más bien responde de acuerdo con la combinación entre los factores mencionados y el grado de ocupación de la línea de costa.

Finalmente, el sector Boca del Río-Los Palos en la costa de Tacna no presenta fuerte presión de ocupación en el litoral como se puede observar en las Figuras 6, 7 y 8. La tendencia de este sector costero es de estabilidad en la parte norte y de avance de la línea de costa hacia el mar en la parte sur. Este avance de la línea de costa, del orden de 116 metros en el extremo sur, se da de manera progresiva desde 1955 hasta 2004. Lo que llama la atención es la ausencia de otras fuentes de sedimentos que podrían causar tasas de sedimentación relativamente elevadas, del orden 1.2 metros/año. Dado que la costa peruana se ubica en un margen continental tectónicamente activo, el levantamiento de la corteza debido a la subducción de placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana puede tener un papel importante en la estabilidad de la línea de costa. De acuerdo con Saillard *et al.* (2011) las tasas de levantamiento de la corteza en la costa de Arequipa durante el Pleistoceno fueron de 0.4 a 0.9 metros/1000 años, lo que equivale a 0.4-0.9 milímetros al año. Actualmente, esta tasa anual equivaldría a la cuarta parte de lo que representa la elevación del nivel del mar a escala global (2.8 ± 0.8mm/año según Church y White, 2011) y se acercaría a la tasa estimada por Quispe Arce (2002), para el puerto del Callao, alrededor de 0.85mm/año.

Agradecimientos

Se agradece al Vicerrectorado de Investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú por el apoyo financiero (Proyecto DGI-0034/2010).

Bibliografía

Bird, E.C.F., *Coastline Changes: a global review*, Wiley & Sons, New York, 1985, 219 pp.

Bindoff, N.L.; J., Willebrand; V., Artale; A., Cazenave; J., Gregory; S., Gulev; K., Hanawa; C., Le Quéré; S., Levitus; Y., Nojiri; C.K., Shum; L.D., Talley y A., Unnikrishnan, "Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level", *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S.; D., Qin; M., Manning; Z., Chen; M., Marquis; K.B., Averyt; M., Tignor and H.L., Miller (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007, 996 pp.

Church, J.A. y White, N.J., "Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century", *Surveys in Geophysics*, vol. 32, no. 4-5, pp. 585-602, 2011.

Church, J.A. y White, N.J., "A 20th century acceleration in global sea-level rise", *Geophysical Research Letters*, vol. 33, no. 1, 2006.

Grández, M.I., *Evolución de línea de costa en las playas: La Chira, La Encantada de Villa, Mamacona y Conchan. Distritos de Chorrillos, Villa el Salvador y Lurín*, tesis de licenciatura en Geografía y Medio Ambiente, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Pontificia Universidad Católica del Perú (inédita), 2009.

Leon, J. y Tavares Corrêa, C., "Quantification in shoreline change in Salaverry, Peru", *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), pp. 1013-1016, Coastal Education & Research Foundation, 2005.

Leceta, F., *Análisis de variabilidad temporal en geomorfología costera mediante la aplicación de métodos de teledetección y sistema de información geográfica: bahía de Miraflores, Perú 1936-2005*. tesis de licenciatura en Geografía y Medio Ambiente, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Pontificia Universidad Católica del Perú (inédita), 2009, 102 pp.

Quispe Arce, J., "Sea Level Variations in Callao (12° S) - Peru 1942-2001", *Investigaciones marinas*, vol. 30, no. 1:101-102, 2002. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071771782002030100017&script=sci_arttext>, consulta: 4 de octubre de 2009.

Rondón, R.G., *Análisis de la variación temporal de la línea de costa y caracterización de la geomorfología litoral: bahía de Paita, Perú 1946-2007*, tesis de Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente Facultad de Letras y Ciencias Humanas, 2011, 83 pp. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/716>.

Saillard, M.; Hall, S.R.; Audin, L.; Farber, D.L.; Regard, V.; Héreil, G., "Andean coastal uplift and active tectonics in southern Peru: 10Be surface exposure dating of differentially uplifted marine terrace sequence (San Juan de Marcona, ~15.4ºS)", *Geomorphology*, vol. 128, no. 3-4, pp. 178-191, 2011.

SENAMHI, E*scenarios del cambio climático en el Perú 2004-2050: cuenca del río Piura,* Senamhi, Lima, 2004, 129 pp. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd50/escenarios/escenarios.html>, consulta: 4 de octubre 2009.

Tavares Corrêa, C., "Los fenómenos de la erosión en el territorio de Lima", R*evista de arquitectura, urbanismo y territorio*, pp. 4-11, 2010.

Tavares Corrêa, C. y Drenkham, F., "Variación de la línea de litoral entre el puerto Chicama y Puémape, La Libertad, Perú (1961-2006)", *Revista Espacio y Desarrollo*, núm. 22, pp. 103-117, 2010.

Thieler, E.R.; Himmelstoss, E.A.; Zichichi, J.L. y Miller, T.L., *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 3.0: An ArcGIS extension for calculating shoreline change*, U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1304, 2005.

Woodman, R. y Mabres, A., "Formación de un cordón litoral en Máncora, Perú, a raíz del Niño de 1983", *Boletín Instituto Francés de Estudios Andinos*, tomo 22, núm. 1, pp. 213-226, Lima, Perú, 1993.

Zhang, K., Douglas B.C. y Leatherman, S.P., "Global warming and coastal erosion", *Climatic Change*, vol. 64, no. 1-2, pp. 41-58, Kluwer Academis Publishers, 2004.

Revista Geográfica

Instructivo para autores

Los lineamientos generales para presentar trabajos para su publicación, son los siguientes:

- Todo artículo sometido debe ser **original**, y no publicado, ni considerado para publicación en otra revista.
- La **extensión máxima** de los artículos debe ser de 50 páginas formadas y las llamadas de nota de 10 páginas.
- Los artículos podrán ser escritos en cualquiera de los cuatro idiomas oficiales del Instituto: **español, inglés, francés y portugués**. En el caso de artículos escritos en inglés, francés o portugués, evitar corte de palabras.
- El nombre de los autores, la institución a la que pertenecen, sus direcciones postal y electrónica se incluirán a pie de página al inicio del artículo.
- Cada artículo debe ser precedido por un **resumen** corto (máximo 110 palabras), el cual debe permitir al lector tener una idea de la importancia y campo que abarca el artículo, debe presentarse al menos en español e inglés.
- Inmediatamente después del resumen, se escribirán no más de seis **palabras clave** representativas del contenido general del artículo y características de la terminología usada dentro de un campo de estudio.
- Dentro del texto, si se trata de una cita textual que abarque como máximo dos líneas, se citará el autor, se transcribirá entre comillas y enseguida entre paréntesis se apuntará el año y número de página(s). Si la cita abarca más líneas, se transcribirá el párrafo o párrafos con una sangría, según se indica en la plantilla, sin encomillar.
- Las fotografías, figuras, gráficas, cuadros y tablas deberán ser presentadas listas para ser reproducidas y su colocación dentro del texto se indicará claramente.
- Los artículos deben ser colocados en la **plantilla** correspondiente la cual debe ser solicitada al editor responsable o al Departamento de Publicaciones en la Secretaría General.
- Se incluirá la **Bibliografía** consultada al final del artículo respetando el siguiente formato:

  Apellido, Nombre del primer autor; Apellido(s) y nombre(s) del(os) autor(es), "Título del artículo", *Título de la revista o libro,* vol. número de páginas (separadas por guión), Editorial, Ciudad, año.

  Ejemplo:

  Vázquez González, A., "La emigración gallega: migrantes, transporte y remesas", *Españoles hacia América*, pp. 80-104, Alianza Editorial, Madrid, 1988.

  En el caso de tesis o libros colocar el número de páginas total al final de la referencia.

- Todos los autores deberán atenerse a estos lineamientos.
- Los artículos deben enviarse al Editor de la *Revista Geográfica*, quien los someterá a dictamen anónimo de dos especialistas e informará el resultado a los autores en un plazo no mayor de un año:

Geógrafo Hermann Manríquez Tirado
Instituto Geográfico Militar
Nueva Santa Isabel No. 1640
Santiago de Chile
Teléfono (+562) 410-9314
Correos electrónicos: rrnn@igm.cl / hmanriquezt@yahoo.es

- No se devolverá el material enviado.

Función editorial del Instituto Panamericano de Geografía e Historia

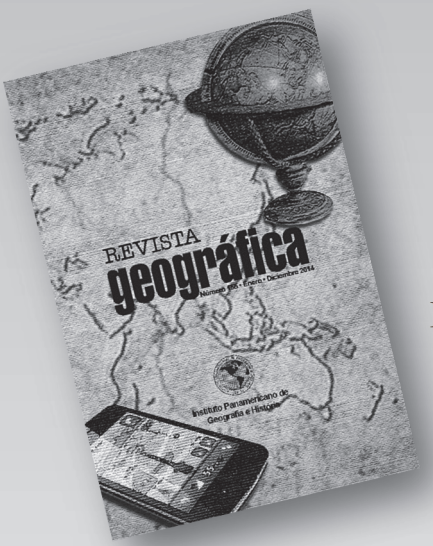
El IPGH publica seis revistas, impresas y distribuidas desde México. Estas son: *Revista Cartográfica, Revista Geográfica, Revista de Historia de América, Boletín de Antropología Americana, Revista de Arqueología Americana* y *Revista Geofísica.*

La Secretaría General invita a todos los estudiosos y profesionales de las áreas de interés del IPGH: cartografía, geografía, historia, geofísica y ciencias afines, a que presenten trabajos de investigación para publicarlos en nuestras revistas periódicas.

Si requiere mayor información, favor de comunicarse con:

Mtra. Julieta García Castelo
Departamento de Publicaciones
Secretaría General del IPGH
Ex-Arzobispado 29 / Colonia Observatorio / 11860 México, D. F. México
Tels.: (+52-55) 5277-5888 / (+52-55) 5277-5791 / (+52-55) 5515-1910
Fax: (+52-55) 5271-6172 / Correo electrónico: publicaciones@ipgh.org

Instituto Panamericano de Geografía e Historia



155

Revista Geográfica

Índice preliminar

- Proyecto colaborativo para la educación geográfica sustentable: Región de Coquimbo, Chile y Estado de Iowa, Estado Unidos
  Fabián Araya Palacios, Ximena Cortés Quezada, Alex Oberle y Mollie Ullestad
- Taller de educación a distancia "Enseñar y aprender Geografía utilizando nuevas tecnologías de la comunicación y de la información
  Graciela Cacace
- Proceso de elaboración de cartografía táctil para ciegos y débiles visuales
  J. Jesús Villalpando Esparza
- Geografía y civilizaciones antiguas
  Jean Pierre Bergoeing
- El uso de modelos digitales de elevación y ortoimágenes para la determinación de los cauces de cuencas hidrológicas de la zona de Tixtla, Guerrero
  Juan Javier Durón Díaz
- Propuesta de zonificación en base al crecimiento urbano de la ciudad de Piribebuy, Paraguay, comprendido entre 1994 y 2010
  Néstor D. Cabral Antúnez

Apartado Postal 18879, 11870, México, D.F.
Teléfonos: (52-55) 5515-1910, 5277-5888, 5277-5791
publicaciones@ipgh.org www.ipgh.org

Edición del
Instituto Panamericano de Geografía e Historia
realizada en su Centro de Reproducción
Impreso en CARGRAPHICS
RED DE IMPRESION DIGITAL
Calle Aztecas núm. 27
Col. Santa Cruz Acatlán
Naucalpan, C.P. 53150
Edo. de México
Tels: 5363-0090 5373-5529
2015

E S T A D O S M I E M B R O S
DEL
INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

Argentina

Belice

Bolivia

Brasil

Chile

Colombia

Costa Rica

Ecuador

El Salvador

Estados Unidos de América

Guatemala

Haití

Honduras

México

Nicaragua

Panamá

Paraguay

Perú

República Dominicana

Uruguay

Venezuela

EL IPGH, SUS FUNCIONES Y SU ORGANIZACIÓN

El Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) fue fundado el 7 de febrero de 1928 por resolución aprobada en la Sexta Conferencia Internacional Americana que se llevó a efecto en La Habana, Cuba. En 1930, el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos construyó para el uso del IPGH, el edificio de la calle Ex Arzobispado 29, Tacubaya, en la ciudad de México.

En 1949, se firmó un convenio entre el Instituto y el Consejo de la Organización de los Estados Americanos y se constituyó en el primer organismo especializado de ella.

El Estatuto del IPGH cita en su artículo 1o. sus fines:

1) Fomentar, coordinar y difundir los estudios cartográficos, geofísicos, geográficos e históricos, y los relativos a las ciencias afines de interés para América.

2) Promover y realizar estudios, trabajos y capacitaciones en esas disciplinas.

3) Promover la cooperación entre los Institutos de sus disciplinas en América y con las organizaciones internacionales afines.

Solamente los Estados Americanos pueden ser miembros del IPGH. Existe también la categoría de Observador Permanente, actualmente se encuentran bajo esta condición: España, Francia, Israel y Jamaica.

El IPGH se compone de los siguientes órganos panamericanos:

1) Asamblea General
2) Consejo Directivo
3) Comisión de:

Cartografía	(Uruguay)
Geografía	(EUA)
Historia	(México)
Geofísica	(Costa Rica)

4) Reunión de Autoridades
5) Secretaría General (México, D.F., México)

Además, en cada Estado Miembro funciona una Sección Nacional cuyos componentes son nombrados por cada gobierno. Cuentan con su Presidente, Vicepresidente, Miembros Nacionales de Cartografía, Geografía, Historia y Geofísica.

ISSN 0031-0581