

revista
CARTOGRÁFICA



**Instituto Panamericano
de Geografía e Historia**

**Número 89
Enero-Diciembre 2013**



**AUTORIDADES DEL
INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA
2013-2017**

PRESIDENTE INTERINO
Ing. Rigoberto Magaña Chavarría
El Salvador

SECRETARIO GENERAL
Dr. Rodrigo Barriga-Vargas
Chile

COMISIÓN DE CARTOGRAFÍA

(Uruguay)

Presidente:

Dr. Carlos López Vázquez

Vicepresidente:

Mg. Yuri Sebastián Resnichenko Nocetti

COMISIÓN DE HISTORIA

(México)

Presidente:

Dra. Patricia Galeana Herrera

Vicepresidente:

Dr. Adalberto Santana Hernández

COMISIÓN DE GEOGRAFÍA

(Estados Unidos de América)

Presidente:

Geóg. Jean W. Parcher

Vicepresidente:

Dra. Patricia Solís

COMISIÓN DE GEOFÍSICA

(Costa Rica)

Presidente:

Dr. Walter Fernández Rojas

Vicepresidente:

M. Sc. Walter Montero Pohly

MIEMBROS NACIONALES DE LA COMISIÓN DE CARTOGRAFÍA

Argentina	Agrimensor Sergio Rubén Cimbaro
Belice	Sr. Wilbert Vallejos
Bolivia	May. Juan José Contreras Cabana
Brasil	João Bosco de Azevedo
Chile	Dr. Carlos Mena Frau
Colombia	Ing. Felipe Fonseca Fino
Costa Rica	M.Sc. Max Alberto Lobo Hernández
Ecuador	Ing. Jorge Velásquez
El Salvador	Sr. Mario Antonio Zeledón Flores
Estados Unidos de América	Mr. Mark L. DeMulder
Guatemala	Ing. Marcos Osmundo Sutuc Carillo
Haití	Ing. Arch. Pierre Alexilien Versaille
Honduras	Arq. Marilyn Villatoro
México	Ing. Raúl Ángel Gómez Moreno
Nicaragua	
Panamá	Lic. Israel Sánchez
Paraguay	Cnel. SG Ing. Juan A. Espinola Elizeche
Perú	My. EP Jesús Vargas Martínez
República Dominicana	Benito García
Uruguay	A/P José M. Lazo
Venezuela	Ing. Sergio Rodríguez

COMITÉS DE LA COMISIÓN DE CARTOGRAFÍA

Fortalecimiento Institucional y Cooperación Técnica	(Estados Unidos de América)
Hidrografía	(Uruguay)
Infraestructura de Datos Espaciales	(Colombia)
Cartografía Temática	(Argentina)

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

revista **CARTOGRÁFICA**



NÚMERO 89

ENERO-DICIEMBRE 2013

REVISTA CARTOGRÁFICA

Publicación semestral fundada en 1952
Indizada en PERIÓDICA

La preparación de la REVISTA CARTOGRÁFICA
está a cargo del editor:

Geógrafo Hermann Manríquez Tirado
Instituto Geográfico Militar
Nueva Santa Isabel núm. 1640
Santiago de Chile

Teléfono: (562) 410-9314 y 410-9313

Correo electrónico: hmanriquez@igm.cl / hmanriquezt@yahoo.es

Comité Editorial

Luiz Paulo Souto Fortes

Instituto Brasileiro de Geografía e Estatística (Brasil)

Gabriela Chicaiza Mora

Instituto Geográfico Militar (Ecuador)

Oswaldo Muñiz Solari

Texas State University (EUA)

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)5277-5888, 5277-5791 y 5515-1910 Fax: (5255)5271-6172

Correo electrónico: publicaciones@ipgh.org <http://www.ipgh.org>

Las opiniones expresadas en notas, informaciones, reseñas y trabajos publicados en la REVISTA CARTOGRÁFICA, 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, Argentina, 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)”.

Foto portada: A través de un proceso de termoformado, el Centro de Cartografía Táctil elabora mapas y planos en relieve con información en braille de diversos temas en apoyo a la enseñanza de la geografía y la movilidad espacial, para personas con necesidades educativas especiales. Estas láminas facilitan y amplían la comprensión de los contenidos programáticos de la educación preescolar y básica.

Cover Photo: Using thermoform processing, the Tactile Cartography Center makes 3D relief plans and maps with information in Braille about various subjects to support teaching of geography and of spatial mobility, for people with special educational needs. These tactile sheets facilitate and extend the comprehension of material scheduled to be taught at primary and basic school levels.

revista CARTOGRÁFICA

NÚMERO 89

ENERO-DICIEMBRE 2013

Contenido

Nota Editorial	5
Editorial Note	6
Primeros veinte años de SIRGAS <i>Claudio Brunini</i> <i>Laura Sánchez</i>	7
Proceso participativo de producir un mapa integrado de Centroamérica y sur de México <i>Marcela Norori</i> <i>Carren Williams, Elam Torres</i> <i>Leonardo Salazar, Eduardo Sáncho</i> <i>Emma Flores, Blanca Isabel Gómez</i> <i>Francisco Benítez, Regina Menendez</i> <i>Milton Núñez, Alex Martínez</i> <i>Jean Parcher, Roberto Lugo</i> <i>Eufracio Zavala, Noel Ramírez</i> <i>José Pérez, Carlos Morales</i> <i>Elizabeth Samuels, Rogelio Mondragón</i>	47
Un diagnóstico de infraestructura geodésica en la región de Centroamérica y el Caribe <i>David Avalos Naranjo</i> <i>Carlos E. Figueroa</i> <i>Wilmer Medrano Silva</i> <i>Christopher Ballesteros</i> <i>Vinicio Robles Pereira</i> <i>Álvaro Álvarez Calderón</i> <i>Leopoldo Tavera Polanco</i> <i>Oscar Meza</i>	61

Proceso evaluativo del material cartográfico temático táctil para alumnos con discapacidad visual y auditiva <i>Teresa Barrientos Guzmán</i> <i>Enrique Pérez de Prada</i>	85
Espacios objetivos y subjetivos de la movilidad cotidiana urbana <i>Jorge Espinoza Nanjari</i>	103
Aplicaciones cartográficas en PEMEX <i>Margarita Jordá Lozano</i> <i>Miguel Zúñiga Montalvo</i>	119
Cartografía, corredores y cooperación: la búsqueda de soluciones transfronterizas en las fronteras amazónicas <i>David S. Salisbury</i> <i>Diego B. Leal</i> <i>Andrea B. Chávez Michaelsen</i> <i>Bertha Balbín Ordaya</i> <i>A. Willian Flores de Melo</i> <i>Pedro Tipula Tipula</i> <i>Maria Luiza Pinedo Ochoa</i>	133
¿Cartografía del Nuevo Mundo, o la América Invisible? <i>Luis Andrés Valenzuela Olivares</i>	147
Red de transporte de datos en formato RTCM, vía protocolo de Internet (Ntrip). Implementación en la región y proyección futura a través de SIRGAS <i>Norbertino Suárez Silva</i> <i>Roberto Pérez Rodino</i> <i>Ricardo Yelicich Peláez</i>	165
Centenario del Servicio Geográfico Militar de Uruguay, 1913-2013 <i>César Rodríguez Tomeo</i>	189
Instructivo para autores	192

Nota Editorial

Tradicionalmente, y más allá de los aspectos exclusivamente técnicos, la cartografía y sus disciplinas conexas han facilitado coordinaciones y acuerdos institucionales en pro de objetivos y visiones de futuro relacionados con la planificación y usos del territorio. A modo de ejemplo y bajo escenarios de desarrollo y madurez institucional, reconocemos ampliamente los beneficios que trae para un país una infraestructura de datos espaciales; su consolidación se basa en un trabajo colaborativo y persistente de varios años, por parte de organismos que cumplen roles de productores y de usuarios de información geoespacial.

Uno de los mejores ejemplos de estos procesos colaborativos y que han rendido frutos evidentes en el tiempo y de los cuales el IPGH ha sido testigo, es el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Con una larga y compleja historia institucional y hoy con objetivos, estatus, autoridades y vida propia, SIRGAS es un referente importante que no sólo ha posibilitado establecer un marco de referencia geodésico confiable en la región, sino también ahora debe delinear y llevar a cabo una idea notable: la escuela en sistemas de referencia, que comienza a suavizar las diferencias conceptuales y extender de manera muy efectiva este conocimiento en nuestros países. En este mismo sentido, otro ejemplo digno de destacar es el trabajo realizado por el Centro de Cartografía Táctil. Con ya varios años de actividades, y un grupo conformado por profesionales de diferentes países, ha acercado, de una forma muy efectiva, los aspectos humanos y naturales del territorio a un grupo especial de la población que no siempre ha sido adecuadamente considerada en los planes y programas de educación de nuestros propios países.

El territorio, como un sistema complejo que reúne a la natura y a la cultura, sus interconexiones, y por supuesto a los múltiples intereses de sectores y actores, es el escenario ideal para trasladar allí nuestros intereses y deseos. Trabajar en coordinación, facilita el tratar al territorio como una unidad geográfica, superponiéndose, pero sin olvidar, las realidades jurídicas, aportando de este modo a una política de sustentabilidad. Las instancias de diálogo político y profesional entre países pueden llegar a ser especialmente fructíferas, pero sin embargo debe existir el deseo y la voluntad para lograrlo: el Instituto Panamericano de Geografía e Historia es una tribuna que facilita estos diálogos.

En la edición que presentamos en esta oportunidad se observan estos temas. Cobran importancia por tanto no sólo los productos, los logros, las satisfacciones de las metas alcanzadas sino también las experiencias y el saber cómo ellas fueron logradas: invitamos especialmente a poner atención en estos aspectos, como iniciativas que pueden replicarse y multiplicarse, para que tengan una real expresión en el mapa del mundo panamericano.

Geog. Hermann Manríquez Tirado
Editor en Jefe
Revista Cartográfica

Editorial Note

Traditionally, and beyond the purely technical aspects, cartography and related disciplines have made institutional coordination and agreements easier when contributing to objectives and intentions for the future involving planning and use of territory. As an example, and within contexts of development and well-established institutions, we fully recognize the benefits that a spatial data infrastructure brings to a country. Its consolidation is based on cooperative and sustained work over several years by organizations that fulfill the roles of producers and users of geo-spatial information.

One of the best examples of these jointly-managed processes, which have yielded concrete benefits over time and which the PAIGH has watched closely is the Geocentric Reference System for the Americas. With a long and complex institutional history, and now having objectives, status, authorities and its own life, SIRGAS is a major benchmark that has not only made it possible to establish a reliable geodesic reference framework in the region, but has now also enabled a significant idea to be planned and put into effect: the school in reference systems, which has begun to smooth away discrepancies over concepts and very effectively spread this knowledge to our countries. In the same spirit, another example worth pointing out is the work carried out by the Tactile Cartography Center. With several years of activities already behind it, and a group made up of professionals from various countries, it has quite effectively brought the human and natural aspects of territory closer to a special part of the population that has not always been adequately considered in the plans and programs for education in our own countries.

As a complex system bringing together nature and culture, a territory and its interconnections, and of course the multiple interests of sectors y active figures, are the ideal scene for us to project and explore our interests and wishes. Working in a coordinated way makes it easier to treat that territory as a geographic unit, superimposed upon but without forgetting the legal reality, providing in this way a policy for sustainability. The means and opportunities for political and professional dialogue between countries may come to be especially fruitful, nevertheless, there needs to be the will and the intention to achieve this. The Pan American Institute of Geography and History is a forum that enables these dialogues.

These aspects can be seen in the journal issue that we present on this occasion. It is not only the products, the achievements, and the satisfaction of reaching the targets set that are important but also the experiences and knowing how these were gained. We recommend that attention be paid to these aspects especially, being initiatives that can be performed again many times elsewhere, so that the map of the pan american world may reach its concrete expression.

Hermann Manríquez Tirado
Chief Editor
“Revista Cartográfica” (Cartographic Journal)

Primeros veinte años de SIRGAS

Claudio Brunini*
Laura Sánchez**

Abstract

This contribution describes the cornerstones of the first twenty years of the “Geocentric Reference System for the Americas” (in Spanish SIRGAS), while it pays tribute to the institutions and personalities that made it possible. In chronological order the story includes: the episodes that led to the establishment of SIRGAS and the context in those days; the establishment of SIRGAS95 as the first continental-wide reference frame compatible with the GPS, and the national densifications implemented by the Latin American countries; the actions aimed at maintaining SIRGAS, including the establishment of SIRGAS2000 and the continuously operating SIRGAS network; the efforts to establish a continental-wide vertical reference system compatible with the modern technologies; the building of capacities by the establishment of SIRGAS analysis centres in Latin American institutions; and various activities oriented to contribute to the International Association of Geodesy (IAG) “Global Geodetic Observing System”, the PAIGH “2010-2020 Pan American Agenda”, and the “2013-2015 PAIGH-SIRGAS-CPIDEA-GEOSUR Action Plan to Expedite the Development of Spatial Data Infrastructure of the Americas”.

Key words: *Geodesy, Reference System, SIRGAS.*

Resumen

Se sintetizan los acontecimientos que jalaron los primeros veinte años del “Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas” (SIRGAS), a la vez que se

* Presidente de SIRGAS, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, La Plata, Argentina, correo electrónico: claudiobrunini@yahoo.com

** Vicepresidente de SIRGAS, Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alfons-Goppel-Str. 11, 80539 München, Alemania, correo electrónico: sanchez@dgfi.badw.de

rinde un tributo a las instituciones y personalidades que los han hecho posibles. El relato, articulado en forma cronológica, abarca: los episodios que condujeron al establecimiento de SIRGAS y en el contexto en que aquellos se desarrollaron; la implementación de SIRGAS95 como primer marco de referencia continental compatible con la tecnología GPS y las densificaciones nacionales que desarrollaron los países del continente; las acciones encaminadas al mantenimiento de SIRGAS, incluyendo la medición de SIRGAS2000 y la instalación de la red SIRGAS de operación continua; los esfuerzos orientados a la definición y realización de un sistema de referencia vertical continental, compatible con las modernas tecnologías; la creación permanente de capacidades en los países de la región, abarcado la puesta en funcionamiento de centros de análisis de SIRGAS en instituciones latinoamericanas y las Escuelas SIRGAS; diversas actividades que contribuyen al cumplimiento de la iniciativa “Global Geodetic Observing System” (GGOS) de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG), a la “Agenda Panamericana 2010-2020” del IPGH y al “Plan de Acción Conjunto 2013-2015 para Acelerar el Desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales de las Américas” del IPGH, SIRGAS, CPIDEA y GEOSUR.

Palabras clave: *Geodesia, Sistema de Referencia, SIRGAS.*

Introducción

En octubre de 2013 SIRGAS celebra sus primeros 20 años de existencia. Contradiciendo al maestro Carlos Gardel, que en su famoso tango “Volver” continua proclamando (desde el antiguo disco de pasta o desde el moderno MP3) que “veinte años no es nada”, SIRGAS se siente orgulloso de celebrar esas dos décadas con logros importantes en su haber, con planes concretos para el futuro y con una estructura orgánica consolidada que permite afrontar confiados otras dos décadas de realizaciones.

Existe una copiosa literatura científica (parte de la cual se cita en este artículo y es accesible a través del portal de Internet de SIRGAS <www.sirgas.org>) que describe, con la rigurosidad que caracteriza a ese tipo de escritos, los avances logrados por SIRGAS en sus diferentes campos de interés y en las diferentes etapas que han sucedido en los 20 años que se cumplirán próximamente. Este artículo no abundará en detalles científicos que, como se ha dicho, se hallan extensamente tratados en la literatura específica. En lugar de ello, intentará sintetizar el camino recorrido por SIRGAS, tamizando el relato con el harnero del tiempo que filtra lo superfluo y rescata lo perdurable. Al hacerlo, intentará también rendir un tributo a las instituciones y a las personas que fueron artífices de los hechos que trascendieron el momento para incorporarse a la breve pero intensa historia de SIRGAS.

Los orígenes

SIRGAS nació en la “Conferencia Internacional para la Definición de un Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur”, celebrada entre el 4 y el 7 de octubre de 1993, en Asunción (Paraguay), con el objeto de enfrentar la problemática que el nombre de la conferencia enunciaba y que generó el acrónimo que identificó a la organización que se estableció para enfrentarla (Kumar 1993, Drewes 1995). La Conferencia, que fue convocada por la Asociación Internacional de Geodesia (en inglés IAG), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la *Defence Mapping Agency*¹ (DMA) de los Estados Unidos de América (EUA), fue atendida por delegados de nueve países de la región: Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Guyana Francesa, Paraguay, Uruguay y Venezuela; a ellos se sumaron conferencistas provenientes de Alemania, Canadá, Dinamarca, España y Estados Unidos (Figura 1). La mayoría de los sudamericanos habían sido delegados por los institutos geográficos y los restantes provenían de universidades. Esa presencia institucional se mantendría a lo largo de los años, proveyendo el basamento sobre el que creció y se consolidó SIRGAS. Es justo remarcar desde el principio que a esa construcción contribuyeron además, en forma permanente, el IPGH, la IAG y el Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI) de Alemania, y, durante la primera mitad de la vida de SIRGAS, la DMA.

La Conferencia estableció una organización compuesta por un comité de proyecto, un consejo científico y dos grupos de trabajo (GT) que se denominaron “I – Sistema de Referencia” y “II – Datum Geocéntrico”: el primero con la responsabilidad de materializar el marco de referencia continental y el segundo con la de extenderlo en cada país. El comité quedó integrado por representantes de las tres instituciones que habían convocado la Conferencia —que a partir de ese momento se convirtieron en patrocinadoras del proyecto— y de todos los países presentes en la misma. Su presidencia recayó sobre Luiz Paulo Souto Fortes, del Instituto Brasileiro de Geografía e Estatística (IBGE, Brasil); y las de los GT I y II sobre Melvin Hoyer, de la Universidad del Zulia (LUZ, Venezuela), y Walter Subiza, del Servicio Geográfico Nacional (SGM, Uruguay), respectivamente. Los países que no se hallaban representados en la Conferencia fueron invitados a integrarse al proyecto y para comienzos de 1994 todos, salvo Surinam, habían nombrado a sus representantes en el comité. Para la época, las instituciones patrocinadoras habían designado a sus representantes: Hermann Drewes, del DGFI, por la IAG; Fernando Galban, del IGM argentino, por el IPGH; y James Slater, de y por la DMA.

¹ Esta agencia fue transformándose en los años venideros hasta convertirse en la actual National Geospatial-Intelligence Agency (NGA).



Figura 1. Participantes de la Conferencia fundacional de SIRGAS: 2) K. Poder (Dinamarca); 3) R. Rodríguez (IPGH); 4) W. Torge (IAG); 5) Muneendra Kumar (DMA); 6) L. Centurión (Paraguay); 10) E. Pallejá (Argentina); 13) S. Bruni (Brasil); 14) H. Fagard (Guyana Francesa); 16) J. L. Caturla (España); 17) L. P. Souto Fortes (Brasil); 18) M. Pinch (Canadá); 22) H. Drewes (Alemania); 23) S. Arciniegas (Ecuador); 24) A. González (Colombia); 25) O. Cifuentes (Chile); 26) A. Stahlschmidt (Argentina); 27) W. Subiza (Uruguay); 28) E. Fonseca Junior (Brasil); 30) E. Elinan (Estados Unidos); 31) J. König (Argentina); 33) M. Hoyer (Venezuela); 33) J. Napoleón Hernández (Venezuela); 34) G. Seeber (Alemania); los otros participantes, que los autores no logran identificar en la foto, son: H. Beattie, D. Lehman, J. Richardson y R. Zebell (Estados Unidos); B. Fernández Chaparro (Colombia); O. Niño (Venezuela); y J. L. Alder, G. Rodríguez, A. Irala, G. Alarcon, P. Andino, D. Arias, M. A. Bello, A. Coronel, L. Irigoitia, J. E. Martínez, M. A. Nuñez, C. Orue y B. Peña (Paraguay). Copia de la fotografía con la información adjunta fue cedida amablemente por R. Rodríguez.

El contexto

El gran interés que la Conferencia de 1993 despertó en los institutos geográficos sudamericanos anticipaba que la temática tocaba una fibra sensible de esas instituciones. Ello sería rotundamente confirmado en los años venideros. Por aquellos días, el Sistema de Posicionamiento Global (en inglés GPS) se había constituido en la herramienta preferida para “georreferenciar” los levantamientos cartográficos.

“Georreferenciar” no era el único neologismo que repicaba con fuerza en aquellos días: otros avances tecnológicos acechaban detrás de las expresiones “Sistema de Información Geográfica” (en inglés GIS) o “Infraestructura de Datos Espaciales” (IDE). El poder de las computadoras personales se multiplicaba al tiempo que se reducían sus costos, la información “analógica” libraba una batalla desigual contra la “digital” y la telaraña global de la Internet popularizaba las siglas “www”.

Los autores de este artículo no desean conjeturar acerca de si aquellos cambios tecnológicos fueron propiciadores de las transformaciones políticas, económicas y sociales que se desarrollaron en Sudamérica durante la década de los noventa; o si, por el contrario, la tecnología fue otro emergente de aquellas transformaciones. Lo cierto es que aquella conjunción de factores multiplicó el valor de los recursos territoriales de los países y, con ello, la necesidad de información espacial actualizada y confiable. Los autores tampoco desean conjeturar acerca de cuan soberana fue la decisión de los países sudamericanos, de contraer deudas públicas con organismos financieros internacionales para afrontar los costos que implicaba la modernización cartográfica. Lo cierto es que, en mayor o menor medida, todos ellos contrajeron deudas cuantiosas para enfrentar aquella indispensable modernización.

Aquel contexto patentizó la desactualización que habían acumulado las infraestructuras geodésicas de nuestros países (Cadess *et al.*, 1993). Cada uno a su modo, todos habían invertido esfuerzos ingentes para establecer redes geodésicas convencionales, horizontales y verticales, que eran imprescindibles para cartografiar sus vastos territorios y llevar el progreso a las regiones más distantes. Pero aquellas inversiones de la primera mitad del siglo XX habían ido menguando, hasta casi detenerse en la década de los sesenta. Los esfuerzos para establecer el South American Datum (SAD) —una red geodésica de cobertura continental que permitiera la integración de todas las redes nacionales— chocaban contra la extensión del territorio y la impenetrabilidad de muchas regiones. Y la unificación que no se había logrado a escala continental, tampoco se había logrado a escala nacional pues en los países coexistía una diversidad de redes que se habían establecido “provisoriamente” hasta que la red geodésica nacional llegase a esa región.

Para la década de los noventa, las redes geodésicas que habían sido excelentes en su tiempo, se hallaban incompletas, desactualizadas y resultaban incompatibles con las modernas tecnologías “geomáticas” (he allí otro neologismo acuñado en la época). Ese era el contexto que abonaba el terreno donde cayó la semilla de un proyecto destinado a establecer una red geodésica continental, moderna, precisa y compatible con el GPS. Una anécdota que describe el clima del momento con precisión y economía de palabras les fue narrada a los autores por el principal artífice de aquellos años iniciáticos de SIRGAS: cuenta Hermann Drewes que pocos meses antes de la Conferencia en Paraguay, más precisamente en junio de 1993, escribió cartas (el correo electrónico no era aún tan popular) a los institutos geográficos

invitándolos a aunar esfuerzos para la medición con GPS de una red continental y consultándolos sobre la oportunidad en que podrían abordar la empresa (Figura 2). La respuesta no se hizo esperar: todos aceptaron la invitación y lo urgieron para que la empresa se acometiera de inmediato.



DEUTSCHES GEODÄTISCHES FORSCHUNGSINSTITUT
F. Abt. Geodäsie - Topographie - Geodäsie

Marshallplatz 8, 80539 München

Telefon (089) 23 031-0 / -

Telefax (089) 23 031-240

Telex 5 213 550 dgfi d

Dr.-Ing. H. Drewes

15.06.1993 Ds/s

Sistema de Referencia por GPS en América del Sur (SIRGAS)

Muy estimado colega,

desde hace unos años se están efectuando varios proyectos geodésicos en América del Sur utilizando el sistema de posicionamiento global (Global Positioning System - GPS). Unos de estos proyectos se basan en una cooperación internacional con grupos científicos de Europa y EE.UU. Los objetivos de los proyectos son, en primer lugar, el control de la deformación de los sistemas de referencia de la órbita y terrestre con exactitud de más o menos 10 cm para garantizar la precisión de 1 cm en distancias de 100 km. Como los sistemas de referencia actuales en América del Sur tienen desviaciones de varios metros del sistema ITRF, es indispensable conectarlas a este sistema para aprovecharse de la precisión de GPS.

Estimado colega, agradecería su comunicación con su opinión sobre este proyecto. Le ruego explicarme sus ideas para integrarlas en la planificación de la campaña.

Atentamente

Dr.-Ing. H. Drewes

Figura 2. Fragmentos de la invitación dirigida por H. Drewes a los institutos geográficos de Sudamérica en junio de 1993.

Los primeros pasos

La primera definición relevante del proyecto SIRGAS surgió en la Conferencia fundacional de 1993: el sistema de referencia que se materializaría en Sudamérica sería el “Sistema de Referencia Terrestre del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra” (en inglés ITRS).² No está de más recordar que aquella decisión fue precedida por largos y frágidos debates en torno a la conveniencia de usar ese sistema, que por entonces era un emergente impulsado por la comunidad científica internacional, o apoyarse en el ya consolidado WGS84 (World Geodetic System,

² Actualmente International Terrestrial Reference System.

1984), que era el sistema establecido por la DMA y utilizado para las efemérides transmitidas de los satélites GPS. Los hechos por venir confirmarían con creces el valor de aquellos debates y lo certero de la decisión alcanzada. Aquella conducta fue la marca bautismal de SIRGAS, que siempre se ha caracterizado por poner su mira en la vanguardia geodésica internacional y tomar sus decisiones democráticamente, con la participación activa de los actores sudamericanos, luego de dirimir las diferencias de opiniones a través del debate abierto y constructivo.

Es verdad que la decisión tomada por la Conferencia de 1993 fue muy relevante, pero no menos cierto es que nadie la recordaría 20 años después si su letra no se hubiera transformado en un hecho sólido, concreto y materializado en el terreno: el marco de referencia SIRGAS95; el primer marco de referencia geocéntrico global, de alcance continental y compatible con el GPS, que tuvo la América del Sur. Su gesta se inició durante la primera reunión del GT II, celebrada entre el 20 y el 22 de abril de 1994, en Bogotá, más precisamente, en la sede del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombia), donde se estableció cómo se distribuirían las estaciones que compondrían la futura red geodésica. Aquella planificación, que intentaba conciliar aspiraciones (establecer una red tan densa como fuera posible, con puntos distribuidos equitativamente en todos los países, en sitios coincidentes con los puntos fundamentales de las redes pre-existentes, etc.) con limitaciones (disponibilidad de equipos de medición, capacidad para procesar las mediciones, infraestructura disponible en los sitios de medición, etc.), condujo al diseño de una red con 48 estaciones distribuidas de la siguiente manera: seis en Argentina, cuatro en Bolivia, diez en Brasil, cuatro en Chile, cuatro en Colombia, tres en Ecuador, uno en Guyana, uno en Guyana Francesa, dos en Paraguay, cuatro en Perú, uno en Surinam, dos en Uruguay, cuatro en Venezuela y dos en países insulares. La red que se materializaría poco tiempo después no diferiría mucho de aquella planificación.

La segunda reunión del GT II y la primera del GT I tuvieron lugar entre el 24 y el 28 de octubre de 1994, en esta ocasión en La Plata (Argentina), donde se celebraba la 18 Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. Las discusiones, que fueron muy extensas, abarcaron todos los temas relacionados con la organización de la campaña de medición GPS, que se llevaría a cabo simultáneamente en todo el continente, durante diez días ininterrumpidos, arrancando a las 0^h de Tiempo Universal del 26 de mayo de 1995. Ningún detalle escapó al escrutinio de los expertos allí reunidos, desde las órbitas de los satélites hasta el tipo de monumento aceptable para montar las antenas GPS.

El primer “gran logro”

De acuerdo con lo planificado, las mediciones GPS se realizaron durante las 24 horas de los días comprendidos entre el 26 de mayo y el 4 de junio de 1995, en forma simultánea, en los 58 sitios distribuidos en 11 países sudamericanos (Figura 3).

Cada país designó una institución responsable de coleccionar las mediciones hechas en su territorio y remitirlas a los bancos de datos que, para garantizar redundancia, fueron dos: uno administrado por el DGFI y el otro por el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE). Para mediados de agosto, la totalidad de los datos se hallaba disponible en ambos bancos, culminando así la fase de medición de la red. La concreción exitosa de esa tarea, en la que participaron unas 30 instituciones de América del Sur, Alemania y Estados Unidos, fue otra impronta del proyecto SIRGAS: el trabajo coordinado en pro de metas colectivas.

La red fue calculada por dos centros de procesamiento que trabajaron independientemente y con diferentes programas de cálculo: uno en el DGFI, utilizando el programa Bernese,³ y el otro en la DMA —que por entonces se había convertido en la National Imagery and Mapping Agency (NIMA)—, utilizando el programa GIPSY-OASIS.⁴ Diferencias menores que un centímetro entre las dos soluciones engendraron extensas discusiones durante las reuniones que ambos GT mantuvieron en Santiago (Chile), entre el 5 y el 9 de agosto de 1996, en ocasión de celebrarse el IV Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra que convocaba el Instituto Geográfico Militar de ese país.

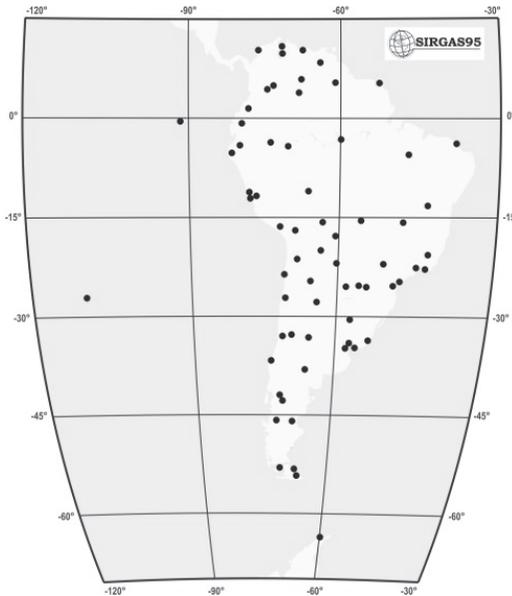


Figura 3. Los 58 sitios que conformaron la red SIRGAS95 ubicados en 11 países sudamericanos.

³ <<http://www.bernese.unibe.ch/>>

⁴ <<https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov/>>

Los GT I y II volvieron a reunirse entre el 8 y el 11 de abril de 1997, en la Isla Margarita (Venezuela), con el mandato de zanjar las discrepancias y generar la solución definitiva de la red, cosa que se logró, siempre por el camino del debate y el consenso, mediante la combinación de las dos soluciones y su vinculación al Marco de Referencia Terrestre Internacional vigente en ese momento, el ITRF94. Es justo reconocer aquí la labor sobresaliente que cumplieron los responsables de los cálculos: Klaus Kannuth en DGFI y James Slater en NIMA; y los principales impulsores de las discusiones que condujeron a la solución unificada: Hermann Drewes, de DGFI, y Muneendra Kumar, de NIMA (Fortes *et al.*, 1995; Drewes *et al.*, 1997). Aquella solución unificada fue oficialmente aceptada por SIRGAS durante las reuniones que se celebraron en Río de Janeiro (Brasil), entre el 3 y el 9 de septiembre de 1997, en concordancia con la Asamblea Científica de la IAG (SIRGAS 1997; Kaniuth *et al.*, 1998). ¡La precisión de las coordenadas finales de SIRGAS95 resultó mejor que muy pocos milímetros!

Las densificaciones nacionales de SIRGAS

Las reuniones que los GT de SIRGAS mantuvieron en agosto de 1996, en Chile, cobijaron también intensos debates sobre el modo en que cada país densificaría la red continental para facilitarles la accesibilidad a los usuarios. Aquellos debates convergieron a dos opciones: 1) NIMA tomaría a su cargo el reajuste a SIRGAS95 de las antiguas redes geodésicas de todos los países; o 2) cada país remediría su red geodésica con GPS y ajustaría las nuevas mediciones a SIRGAS95. La escogida fue la segunda opción, que privilegiaba el establecimiento de redes medidas con la nueva tecnología y la participación activa de las instituciones sudamericanas en la densificación de SIRGAS95.

Los años venideros vieron expandirse las redes geodésicas que densificaban a SIRGAS95 (y posteriormente a SIRGAS2000) en los diferentes países, medidas y calculadas por los institutos geográficos con la asistencia científica de algunas universidades latinoamericanas, de instituciones de los Estados Unidos y, sobre todo, del DGFI (Drewes *et al.*, 1998; Moirano *et al.*, 1998; Brunini *et al.*, 2000; Tremel *et al.*, 2001; Sánchez 2004; Costa y Lima, 2005; Martínez y Sánchez, 2009; Echalar y Sánchez, 2010; Figueroa *et al.*, 2010; Zurita *et al.*, 2010). Esas redes eran, al igual que SIRGAS95, “pasivas”, significando con ello que estaban materializadas por monumentos cuyas coordenadas se calculaban a partir de mediciones GPS colectadas durante un cierto intervalo (generalmente, varios días). Como se verá de inmediato, aquellas redes pasivas fueron dejando paso a las “activas”, formadas por monumentos sobre los que funciona un receptor “GNSS continuo”. Las siglas GNSS (Global Navigation Satellite Systems) aluden a receptores que poseen la capacidad de recibir las señales de los sistemas GLONASS, Galileo, etc., además

del GPS; y la palabra “continuo” alude a que esos receptores permanecen activos las 24 horas de los 365 días del año.

Los diferentes países de la región fueron migrando progresivamente a SIRGAS sus antiguos marcos de referencias nacionales. En la actualidad, SIRGAS ha sido adoptado oficialmente por 14 países: Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guyana Francesa, Guatemala, México, Panamá, Perú, Uruguay y Venezuela. Las redes nacionales que densifican a SIRGAS comprenden actualmente más de 3,200 puntos, 272 de los cuales son activos (Figura 4). Otros países de la región encaminan esfuerzos hacia la adopción oficial de SIRGAS, siguiendo la recomendación promulgada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de su VII Conferencia Cartográfica de las Américas, celebrada entre el 22 y el 26 de enero de 2001, en Nueva York (Estados Unidos).

El sistema de referencia vertical

SIRGAS95 proporcionaba un marco de referencia inmejorable para las tres coordenadas que se determinan con los GNSS: la longitud, la latitud y la altura geométrica cuya superficie de referencia es el elipsoide. Pero ni los GNSS, ni el marco de referencia SIRGAS, son apropiados para determinar la altura física, cuya magnitud y superficie de referencia son definidas por el campo de gravedad de la Tierra. Para permitir el desarrollo de las obras de ingeniería —especialmente las que implican flujos de agua—, los países de la región establecieron redes verticales —también llamadas de nivelación—, que complementaban a sus antiguas redes geodésicas. Siguiendo la convención de la época, que utilizaba el geoide como superficie de referencia para las alturas físicas, y se apoyaba en el nivel medio del mar para materializarlo, utilizaron mareógrafos en las costas oceánicas para establecer el “cero” de sus sistemas verticales y el laborioso procedimiento geodésico de la nivelación para extender las redes de nivelación hacia el interior del continente.

En los días de SIRGAS, la Geodesia había avanzado lo suficiente para anticipar que las redes verticales de los diferentes países sudamericanos eran inconsistentes entre sí y que su precisión era insuficiente para las nuevas tecnologías (Drewes 2001). Varias razones sustentaban aquel anticipo, entre las más importantes: los “ceros” determinados con los mareógrafos podían apartarse significativamente (desde algunos decímetros hasta pocos metros) del nivel medio del mar —y en consecuencia, del geoide—, a causa de procesos dinámicos locales y regionales que tienen lugar en los océanos; y los errores causados por las irregularidades del campo de gravedad en las alturas niveladas no habían sido corregidos cuando se establecieron las redes de nivelación de los países latinoamericanos. Las vinculaciones de las redes de nivelación de países limítrofes, que SIRGAS concretaría años después, certificaron aquella presunción y cuantificarían la magnitud de las discrepancias, que iban desde pocos centímetros a algunos metros (Figura 5).



Figura 4. Densificaciones nacionales de SIRGAS mediante redes pasivas y activas.

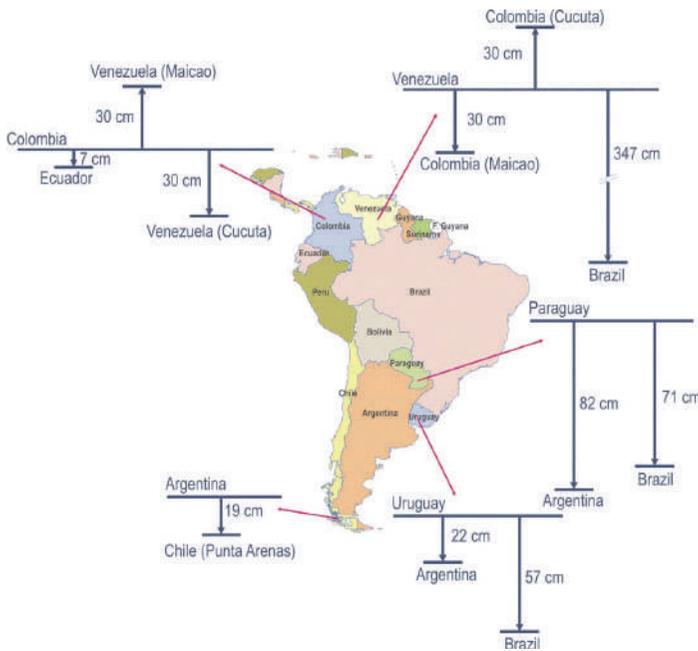


Figura 5. Discrepancias entre las redes de nivelación de países vecinos determinadas en varias vinculaciones fronteras.

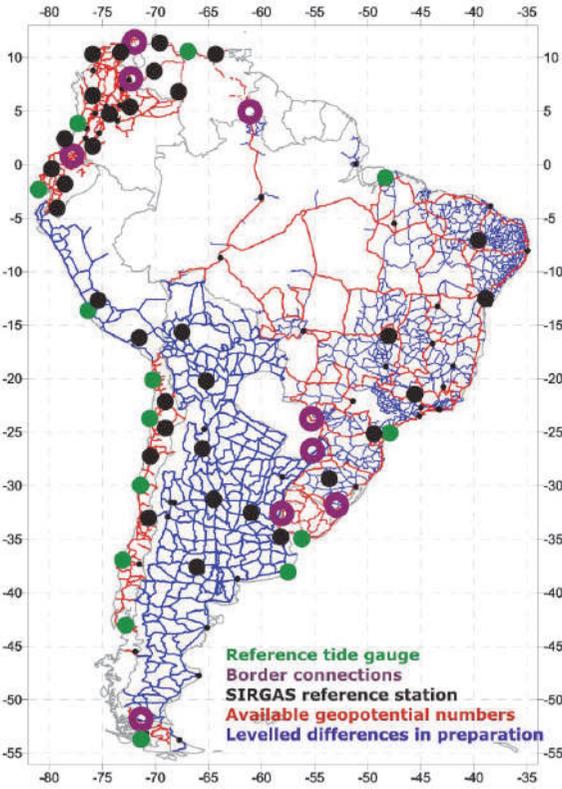


Figura 6. Información disponible en los centros de datos del Grupo de Trabajo III —Datum Vertical— de SIRGAS.



Figura 7. Participantes del Segundo Taller del Grupo de Trabajo III de SIRGAS, celebrado en Río de Janeiro (Brasil) entre el 3 y el 6 de diciembre de 2012.

El Grupo de Trabajo III de SIRGAS

SIRGAS diagnosticó prematuramente esos problemas y para enfrentarlos estableció un tercer GT denominado “III – Datum Vertical”. Su creación se decidió durante las reuniones de 1997, en Río de Janeiro, y su presidencia recayó en Roberto Texeira Luz, del IBGE (Brasil). A 16 años de su creación, resulta ineludible admitir que el GT III no ha logrado avanzar tan rápidamente como los otros dos. Pero ese balance, que a primera vista suena desalentador, se vuelve mucho más benigno cuando se toma en cuenta la extrema laboriosidad de la tarea que enfrenta este GT.

Los fundamentos conceptuales para establecer un nuevo marco de referencia vertical en América Latina se discutieron intensamente durante la ya mencionada reunión de 1997, en el Primer Taller del GT III, realizado en Santiago (Chile), entre el 10 y el 14 de agosto de 1998, en ocasión de celebrarse el V Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, convocado por el IGM de ese país (Drewes *et al.*, 2002; Freitas *et al.*, 2002; Luz, 2008; Sánchez, 2007; Sánchez, 2009). Ese marco conceptual evolucionó con los años, pero su substancia no cambió significativamente. Las reuniones que se sucedieron en los años venideros cobijaron intensas discusiones del GT III, pero estas se orientaron principalmente a coordinar e impulsar las tareas necesarias para llevar a la práctica aquel basamento conceptual. Para ello, era necesario: determinar el nivel de referencia (W_0 en la jerga geodésica) mediante mediciones globales de altimetría satelital oceánica y de mareógrafos controlados con GNSS; vincular las redes de nivelación de alta precisión de los diferentes países entre sí, a los puntos SIRGAS y a los mareógrafos de referencia; compensar la red vertical continental, incluyendo las correcciones gravimétricas.

Las tareas orientadas a determinar W_0 , que fueron abordadas en el DGFI, avanzaron con relativa velocidad (lo que no significa con facilidad) y con éxitos resonantes como, por ejemplo, impulsar la revisión del valor convencional utilizado por la IAG y por la Unión Astronómica Internacional (en inglés IAU), para reducir la discrepancia de aquel valor con el determinado por SIRGAS. La laboriosa determinación del W_0 involucró el análisis de largas series de datos de diferentes satélites altimétricos, la evaluación de los modelos globales de geoide producidos por las misiones espaciales de la última década y el análisis de una red global de mareógrafos controlados con GPS (Sánchez, 2007; Sánchez, 2008).

Las vinculaciones verticales avanzaron con menos velocidad, condicionadas por el tiempo y los recursos que los institutos geográficos pudieron dedicar a la tarea que se agregaba a su ya recargada agenda laboral. En la actualidad se realizan los últimos esfuerzos para completar la compilación de los desniveles y la gravedad que los diferentes países midieron en décadas de esforzado trabajo (Figura 6). Un simple detalle ilustra la dificultad de la empresa: la mayor parte de la información requerida se halla asentada en antiguas libretas de campo que deben transcribirse

manualmente al formato digital. Para compilar y procesar la información vertical, SIRGAS dispone de dos centros de datos y análisis, el IBGE y el DGFI, los cuales contienen réplicas idénticas de la información disponible y adelantan simultáneamente los análisis del caso, de modo que haya la redundancia necesaria para obtener resultados confiables.

Un impulso trascendente a la tarea de este GT se concretó durante el “Segundo Taller del GT III de SIRGAS”, que tuvo lugar entre el 3 y el 6 de diciembre de 2012, en Río de Janeiro (Brasil), con el apoyo del IBGE, del IPGH y de la IAG. Allí se reunieron delegados de los institutos geográficos de Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Uruguay (Figura 7). Bajo la supervisión del Presidente del GT —Roberto Texeira Luz—, y con la asistencia de la responsable del banco de datos del IBGE —Nívea Régis di Maio—, se llevó a cabo el primer ajuste conjunto de las redes de nivelación de los países mencionados. Estas actividades fueron extendidas a Bolivia, Colombia y Perú mediante visitas posteriores del presidente del GT III a esos países.

SIRGAS en la transición del siglo XX al siglo XXI

El cambio de milenio fue una etapa que bien podría caracterizarse por las transformaciones sociales, económicas y políticas que experimentaron los países de América Latina, así como por avances científicos y tecnológicos que se produjeron en el mundo. Sin pretensión de —y sin la capacidad para— analizar semejantes procesos, los autores se atreven a llamar la atención sobre el impacto que tuvo en la vida de SIRGAS —que se desarrolló a caballo de ese cambio de milenio—, la conceptualización del territorio como un bien imprescindible para el desarrollo social y económico y para la sustentabilidad política de las naciones y la toma de conciencia colectiva sobre su vulnerabilidad.

Actuando juntos, ese concepto y esa conciencia multiplicaron la necesidad de información territorial que los gobiernos requerían para implementar sus políticas sociales y económicas. Y esa multiplicación no operó solamente sobre la cantidad, sino también sobre la calidad de la información (mayor precisión, compatibilidad regional, global y con los satélites, soporte digital, disponibilidad inmediata, actualización permanente, facilidades de intercambio, formatos estandarizados, etc.). Los tomadores de decisión dejaron de imaginar a la información territorial como una hoja de papel, inmutable en el tiempo, a la que bastaba consultar una vez para informarse de todo lo que contenía; para visualizarla como un ente formado por bits de computadora, en constante mutación y capas de viajar instantáneamente a través de la Internet. Y de ese ente esperaban respuestas para los problemas clásicos, como los que plantea el catastro o la ingeniería topográfica; pero también para los novedosos, como los que plantean los desastres naturales o el cambio climático.

SIRGAS se gestó y evolucionó en ese contexto cambiante y demostró una gran capacidad de innovación para responder a las demandas, cada vez más exigentes, que planteaban las necesidades sociales, políticas y económicas de la región, y una gran versatilidad para aplicar los avances científicos y tecnológicos internacionales a la solución de problemas regionales (Drewes, 1999 y 2003).

SIRGAS nació en 1993 para dotar a América del Sur de un marco de referencia compatible con la ciencia y la tecnología de finales de la centuria pasada. Ese marco de referencia era imprescindible para soportar el desarrollo de la IDE de las Américas, que también emergía por la época. La concreción de esa meta llegó de la mano de SIRGAS95, cuya oficialización por parte de los países sudamericanos comenzó en 1997. Para entonces, las demandas sobre SIRGAS95 excedían las que planteaban las IDE, porque ya se avizoraba que para articular mejor la convivencia entre el hombre, con su necesidad creciente de bienestar, y el planeta, con su capacidad limitada para satisfacer esa necesidad, era indispensable disponer de mejor información de base geodésica.

Esto implicaba comprender mejor los cambios que experimenta el planeta, sintetizados en la expresión “cambio global” y, para ello, era indispensable medir señales muy pequeñas, que se desabollan con extrema lentitud (solo por dar un ejemplo: se estima que el nivel medio de los océanos del planeta está aumentando con una velocidad de aproximadamente 3mm/a en respuesta al calentamiento global). Para cuantificar esas señales se hizo necesario llevar la precisión de los instrumentos de medición a límites que nunca antes habían sido imaginados; y para que los resultados que emergían de esas mediciones fueran confiables se hizo evidente la necesidad de repetir las mediciones constantemente y a lo largo de muchos años. Pero si lo que se deseaba cuantificar era una señal de cambio, era necesario referir las mediciones a “algo” que no cambiara dentro de límites muy estrictos y durante muchos años. Pero ese “algo”, que en la escala planetaria era el ITRF y en la escala regional era SIRGAS95, estaba materializado sobre la superficie del planeta... ¡que cambia permanentemente!

En otras palabras, los 58 monumentos geodésicos que materializan el marco de referencia SIRGAS95 (Figura 1) se hallan rígidamente anclados al terreno y se mueven junto con este, en respuesta a una variedad de procesos geofísicos que afectan al planeta (procesos tectónicos globales, regionales y locales, efectos de carga producidos por los océanos, la atmósfera, los hilos o las aguas superficiales y subterráneas, actividad sísmica y volcánica, etc.). Bastan pocos años para que esos movimientos, que se desarrollan con velocidades de entre algunos mm/a y varios cm/a, modifiquen las coordenadas de los puntos SIRGAS95, causando errores que superan la exactitud de las mismas... ¡que es de muy pocos mm! Y ello cuando no ocurre un terremoto que, en unos cuantos segundos puede provocar desplazamientos superiores al metro.

El mantenimiento de SIRGAS

Un marco de referencia útil para estudiar el cambio global no puede ser establecido de una vez y para siempre. Es necesario remedirlo periódicamente, para evaluar los cambios que afectan a las coordenadas de los puntos de referencia. Esos cambios deben ser descontados de las señales de cambio global que se desean estudiar. Ese concepto era claro para los miembros fundadores de SIRGAS, quienes en la conferencia de 1993 enunciaron el objetivo de establecer el marco de referencia y lo ligaron indisolublemente con el de su mantenimiento.

Las acciones concretas orientadas al mantenimiento de SIRGAS se iniciaron en las reuniones del 22 y 23 de julio de 1999, durante la 22a Asamblea Científica de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísicas (en inglés IUGG), en Birmingham (Reino Unido de Gran Bretaña). Allí se programó la segunda medición con GPS de la red SIRGAS, lo cual se concretó entre el 10 y el 19 de mayo de 2000. Para entonces, el número de sitios de medición había aumentado de 58 a 184 (varios de ellos ya estaban ocupados con receptores GPS de medición continua) y su distribución se había expandido de América del Sur a América Central, al Caribe y a Norteamérica. Al objetivo primordial del mantenimiento de SIRGAS se habían agregado otros orientados a satisfacer las demandas del recientemente creado GT III (Luz *et al.*, 2002). Estos implicaban medir en los mareógrafos de referencia de América del Sur y puntos fronterizos que permitían la conexión de las redes de nivelación de países vecinos (Figura 8).

La red SIRGAS2000 fue calculada por tres centros de procesamiento bajo las responsabilidades del DGFI, el IBGE y la Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung (BEK) de Alemania (Kaniuth *et al.*, 2002a; Drewes *et al.*, 2005). Los dos primeros utilizaron el programa Bernese y el tercero el programa GIPSY-OASIS. Las reuniones que se celebraron en los años subsiguientes permitieron evaluar los avances en el procesamiento de las mediciones. Finalmente, en Santiago de Chile, entre el 21 y el 22 de octubre de 2002, en el marco del VII Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra que convocara IGM de ese país, se discutieron los resultados de los tres procesamientos. Las discrepancias entre ellos resultaron de pocos milímetros. Para entonces, la confianza de SIRGAS en sus centros de procesamiento se hallaba tan consolidada que se habilitó al DGFI a combinar las tres soluciones individuales, generar la solución definitiva de SIRGAS 2000, vinculada al ITRF2000, y proceder a su difusión como producto oficial de SIRGAS sin aguardar a las discusiones que se darían en las reuniones venideras. Como modesto reconocimiento al trabajo realizado se mencionan aquí a los responsables de los centros de procesamiento: Klaus Kaniuth en DGFI, Sonia Alves Costa en IBGE y Christof Völksen en BKE. También es digno recordar las enriquecedoras discusiones científicas que sostuvieron, una vez más en la reunión de Chile, Hermann Drewes de DGFI y Muneendra Kumar de NIMA.

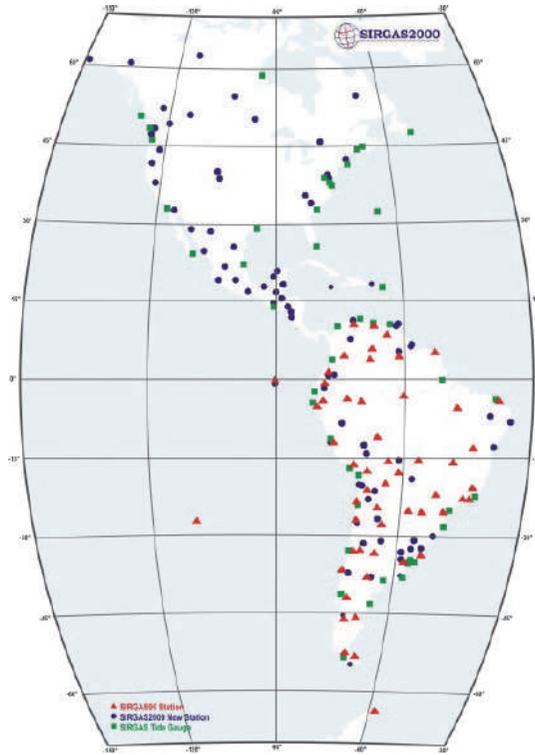


Figura 8. Los 184 sitios que conformaron la red SIRGAS 2000, distribuidos en todo el continente (los triángulos rojos identifican a los puntos SIRGAS95, los cuadrados verdes a los mareógrafos y los círculos azules a los puntos agregados en SIRGAS2000).

De América del Sur a las Américas

La extensión de la red SIRGAS a América Central, del Norte y al Caribe, y la recomendación promulgada en 2001 por la ONU, a través de su VII Conferencia Cartográfica de las Américas, señalando la adopción de SIRGAS como sistema de referencia oficial en todos los países de las Américas (¡incluyendo a los Estados Unidos y Canadá!), dieron sustento al cambio del significado de las dos últimas siglas de SIRGAS, de “América del Sur” a “las Américas”. Ese significado se ha conservado hasta nuestros días, aunque la integración efectiva de los Estados Unidos y Canadá en SIRGAS no fuera más allá de su participación en la campaña de 2000. Los límites geográficos de SIRGAS abarcan hoy a las Américas del Sur y Central, a México y algunas naciones del Caribe (Sánchez y Brunini, 2008; Sánchez y Brunini, 2009; Sánchez *et al.*, 2011; Brunini y Sánchez, 2012; Brunini y Sánchez, 2013).

Por primera vez en 2004, más precisamente el 9 y 10 de diciembre, SIRGAS se reunió en América del Norte. Aquella reunión, celebrada en las instalaciones del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática⁵ (INEGI), en la ciudad de Aguascalientes (México), tuvo el objetivo fundamental de promover la incorporación activa en SIRGAS de México y de los países de América Central. Esa iniciativa habría de fructificar rápidamente con la incorporación de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, además, por supuesto, del país anfitrión de la reunión.

En la actualidad, SIRGAS orienta sus esfuerzos a la incorporación de los países del Caribe. La próxima Reunión SIRGAS, que tendrá lugar en octubre de 2013, en la ciudad de Panamá, bajo la hospitalidad del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, albergará, además de la conmemoración del vigésimo aniversario de SIRGAS, la “School on Reference Systems, Crustal Deformation and Ionosphere Monitoring by GPS in the Caribbean”. El uso del idioma inglés y la explicitación “in the Caribbean” en la denominación de la Escuela, anticipa la voluntad de SIRGAS de abrir sus puertas a las naciones del Caribe, que, en su mayoría, no son hispanoparlantes. Es justo mencionar que esa Escuela contará con el auspicio de la IUGG, del IPGH y de la IAG.

De las campañas episódicas a la medición continua

El concepto sobre el que se apoyaba el mantenimiento de SIRGAS era simple: repitiendo las mediciones en los mismos sitios sería posible determinar los cambios en las posiciones de los puntos; luego, atribuyendo esos cambios a los desplazamientos naturales de los monumentos geodésicos, sería posible calcular la velocidad con que se habían desarrollado esos desplazamientos, mediante el simple cálculo del cociente entre la diferencia de posición y el intervalo transcurrido entre las dos mediciones. Ese concepto, que acepta la aproximación de que los procesos geofísicos que provocan el desplazamiento de los monumentos geodésicos se desarrollan con velocidad constante, permite asignar seis coordenadas a cada punto del marco de referencia: las tres de posición, X_0 , Y_0 , Z_0 , válidas para una época de referencia, T_0 , (coincidente con la época media de las mediciones) y las tres de velocidad, V_x , V_y , V_z . Con ello, es posible calcular la posición X en cualquier época, T , mediante un cómputo tan simple como $X=X_0+V_x \times (T-T_0)$. Para llevar a la práctica ese concepto (esto es, determinar las velocidades de los puntos SIRGAS95) se remidió en 2000 la red que había sido medida en 1995.

La medición y el cálculo de SIRGAS2000 constituyeron un gran esfuerzo, y también un gran adelanto, por cuanto permitió confirmar la exactitud de SIRGAS95 y evaluar la magnitud de los cambios que habían experimentado las posiciones a lo

⁵ Actualmente, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

largo de aquellos cinco años. Pero la infraestructura geodésica de la región mejoraba rápidamente con la instalación de estaciones GPS de operación continua (estaciones “CON” en la jerga geodésica). Casi 50 de las 200 estaciones que componían SIRGAS2000 eran CON; y ese número crecía rápidamente (Figura 9), al principio bajo el impulso de la IAG a través de su Servicio Internacional de GNSS (en inglés IGS), y luego por iniciativa de las instituciones de la región, que advertían que las redes de estaciones CON eran más convenientes que las campañas episódicas para el mantenimiento de sus marcos de referencia (Seemüller y Drewes, 1998a).

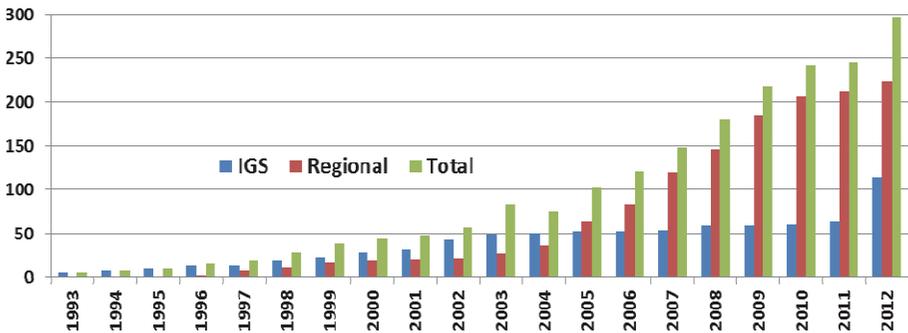


Figura 9. Cantidad de estaciones GNSS de medición continua en la región SIRGAS.

Las estaciones de medición constituyen el cimiento de la infraestructura geodésica actual, pero ningún edificio resulta útil si solo cuenta con sus cimientos: para que las estaciones CON rindan frutos es necesario generar una compleja estructura de funcionamiento que incluye conectividad para asegurar el transporte de las mediciones, centros de datos para garantizar la perdurabilidad y el acceso a la información y centros de análisis para procesarla y extraer los resultados deseados. Y al igual que las estaciones, esa estructura debe funcionar en modo “CON”: ¡las 24 horas de los 365 días del año! La responsabilidad de instalar y operar esa estructura funcional fue asumida por el DGFI en junio de 1996, a través de la creación del Centro de Análisis Asociado al IGS para la Red Regional SIRGAS (en inglés IGS RNAAC SIR; Seemüller y Drewes, 1998b; Seemüller y Drewes, 1999; Seemüller y Drewes, 2000; Seemüller y Drewes, 2002; Seemüller *et al.*, 2002; Seemüller *et al.*, 2004; Seemüller *et al.*, 2008; Seemüller *et al.*, 2010; Seemüller *et al.*, 2012; Seemüller, 2009; Sánchez *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2012; Sánchez y Seitz, 2011; Sánchez, 2012).

Ese Centro, que continúa operando, ha mantenido el compromiso de calcular, semana tras semana, diferentes tipos de soluciones que incluyen las mediciones hechas durante toda una semana por todas las estaciones CON de SIRGAS. Esas

soluciones cumplen tres propósitos fundamentales (Seemüller *et al.*, 2002; Drewes y Heidbach, 2012): i) constituyen la contribución regional de SIRGAS al denominado “Poliedro Global del IGS”; ii) son una “fotografía instantánea” de la red que brinda las mejores coordenadas disponibles en América Latina y el Caribe para apoyar los levantamientos GNSS de alta precisión; y iii) la sucesión de “instantáneas” que se acumula con el paso de los años permite describir con gran precisión los procesos de cambio que afectan a la corteza terrestre en la región SIRGAS (Figura 10). Los autores desean rendir un modesto homenaje a Wolfgang Seemüller (Figura 11), quien desempeñó esa tarea con dedicación insuperable hasta su deceso.

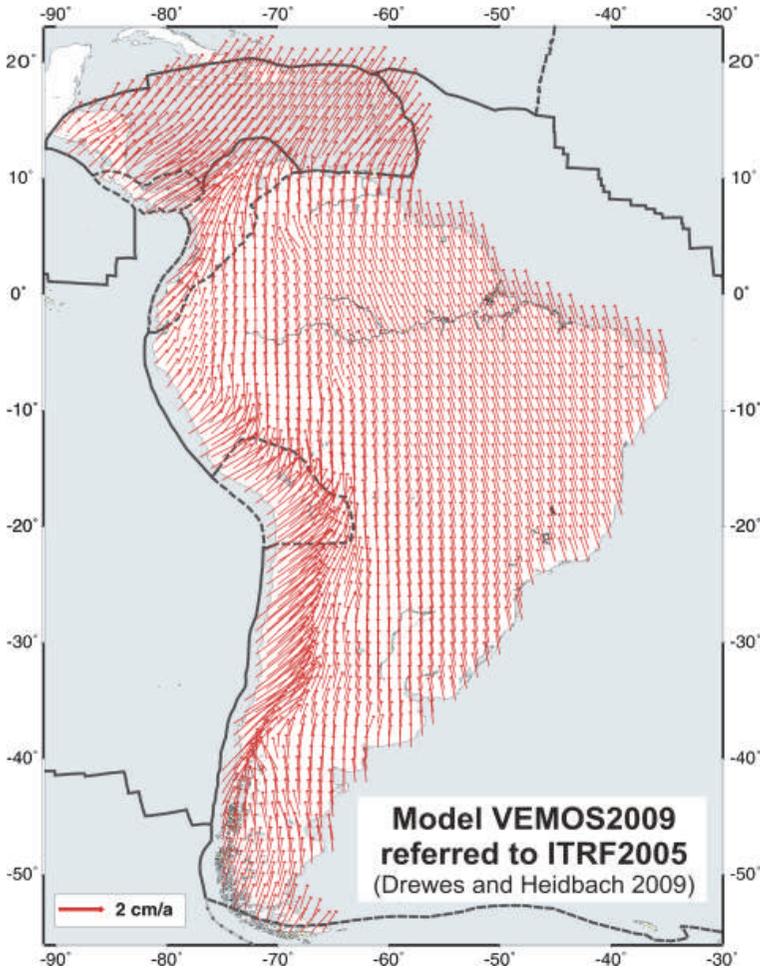
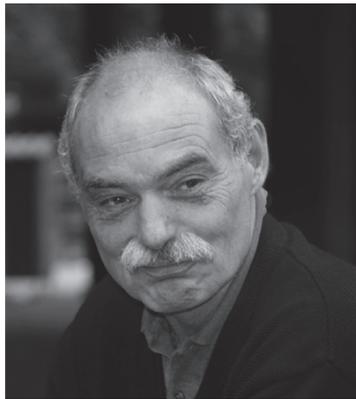


Figura 10. Modelo de Velocidades para SIRGAS (VEMOS2009).

El crecimiento de SIRGAS CON

La Figura 9 es elocuente en cuanto a la rapidez con que ha ido creciendo la cantidad de estaciones CON de SIRGAS, desde menos de 50 cuando se instaló el IGS RNAAC SIR, hasta alrededor de 300 en la actualidad. Si apeláramos a la metáfora usada en la sección precedente, deberíamos decir que si crecían los cimientos también debía crecer el edificio, lo que trasladado a la realidad implicaba el crecimiento de la estructura funcional que soportaba el DGFI. Ya en la reunión celebrada en 2004, en Aguascalientes (México), el GT I asignaba la máxima prioridad al fortalecimiento de SIRGAS-CON, incorporando en su agenda las siguientes acciones concretas: i) mejorar el funcionamiento de las estaciones CON que existían en aquel momento; ii) mejorar la transferencia de observaciones a los centros de datos; iii) promover la instalación de nuevas estaciones CON; iv) instalar centros de procesamiento en los países americanos; y v) expandir las capacidades de SIRGAS-CON, posiblemente hacia la generación de productos y servicios en tiempo real y la implantación de un servicio dedicado a monitorizar la atmósfera de la región.



Wolfgang Seemüller, 1946-05-02 - 2010-11-11**

Figura 11. En noviembre de 2010 SIRGAS perdió a uno de sus miembros fundadores y activo impulsor de todas sus iniciativas.

La instalación de centros de procesamiento en los países de América Latina se visualizaba como una necesidad, para distribuir la carga creciente que el procesamiento semanal de SIRGAS-CON imponía sobre el DGFI, pero también como una oportunidad para que el aprendizaje que habían adquirido las instituciones de la región (en gran medida, gracias a la transferencia de conocimientos que ejercía el DGFI), catalizara en nuevas capacidades instaladas en el continente. La Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y el IGM (luego IGN), en la Argentina, bajo las responsabilidades de Paula Natali y Sergio Cimbaro, el IBGE, en Brasil, bajo la de

Sonia Costa, y el INEGI, en México, bajo la de Guido González, habían dado ya los primeros pasos, instalando centros de procesamiento experimentales que sobrellevaban la tarea de calcular soluciones semanales de entre 15 y 35 estaciones SIRGAS-CON. Pero convertir aquel experimento en una estructura funcional que soportara el paso del tiempo y el peso de la responsabilidad de generar las soluciones oficiales de SIRGAS, sería una tarea que insumiría gran parte de los esfuerzos por venir: el tema fue motor de extensos debates en las reuniones que se celebrarían el 17 y 18 de noviembre de 2005, en Caracas (Venezuela), bajo la hospitalidad de la Sección Nacional venezolana del IPGH; el 27 y 28 de noviembre de 2006, en Heredia (Costa Rica), bajo la hospitalidad de la Universidad Nacional (UNA); y el 7 y 8 de junio de 2007, en Bogotá (Colombia), bajo la hospitalidad del IGAC.

El hecho fundacional de aquella empresa, cuya meta más ambiciosa permanece aún abierta y es la instalación de al menos un centro de procesamiento en cada país integrante de SIRGAS, se concretó con el Primer Taller del GT I, celebrado en Río de Janeiro (Brasil), entre el 16 y el 18 de agosto de 2006 bajo la hospitalidad del IBGE. Hubo que trabajar muy intensamente para que aquellas tres jornadas alcanzaran para definir los lineamientos fundamentales del proyecto “Centros de Análisis para SIRGAS”, los cuales: i) ratificaban el trabajo de los cuatro centros de procesamiento experimentales antes mencionados, a los que se había sumado uno instalado en IGAC, Colombia, bajo la responsabilidad de William Martínez; ii) asignaban a cada centro la responsabilidad de procesar una subred de SIRGAS-CON y fijaban los estándares de procesamiento; iii) establecían un centro de combinación en DGFI, bajo la responsabilidad de Wolfgang Seemüller, y otros dos experimentales, en IBGE y UNLP bajo las responsabilidades de Sonia Costa y Paula Natali; iv) imponían a los centros de procesamiento la obligación de enviar sus soluciones semanales a los centros de combinación, dentro de las tres semanas siguientes a la de medición; e v) imponían a los últimos la obligación de comparar las diferentes soluciones y combinarlas en la solución definitiva dentro del plazo de una semana y llevar una estadística sobre el desempeño de los diferentes centros.

El siguiente acto relevante ocurrió durante el Segundo Taller del GT I, celebrado el 26 y 27 de mayo de 2008, en Montevideo (Uruguay), bajo la hospitalidad del Servicio Geográfico Militar, institución que también hospedó la Reunión SIRGAS que se celebró inmediatamente después, entre el 28 y el 30 del mismo mes. Durante aquel acontecimiento, que coincidía con la conmemoración de los primeros 100 años de la Geodesia en Uruguay (conmemoración que ya se había dado o estaba por darse en la mayoría de los jóvenes países latinoamericanos), la comunidad SIRGAS en pleno evaluó los casi dos años de trabajo de los centros experimentales de procesamiento y combinación. Los resultados fueron extraordinariamente alentadores: los de la Universidad Nacional de Cuyo (UNC), de la Argentina, que bajo la responsabilidad de Virginia Mackern continuaba la tarea que se había iniciado en la

UNLP, de IBGE y de IGAC, cumplieran los estándares de calidad, puntualidad y continuidad para dejar de ser experimentales y convertirse en oficiales; el desempeño del IGM argentino y el INEGI mexicano garantizaba una transición inminente del estatus experimental al oficial; y los centros de combinación experimentales del DGFI y el IBGE también satisfacían los estándares impuestos para convertirse en oficiales. ¡El edificio contaba ya con su planta baja!

Un centro de procesamiento SIRGAS en cada país

El proceso iniciado por SIRGAS hace casi diez años para dotar a todos los países de América Latina y el Caribe de por lo menos un centro de procesamiento, continúa vigoroso. En la actualidad, SIRGAS-CON cuenta con más de 300 estaciones (Figura 12) y las previsiones denuncian que ese número continuará creciendo a ritmo sostenido. Su procesamiento es llevado a cabo, en forma permanente y con una cadencia semanal, por 10 centros de procesamiento oficiales, un centro de procesamiento experimental (candidato a convertirse en oficial) y dos centros de Combinación oficiales (Tabla 1).

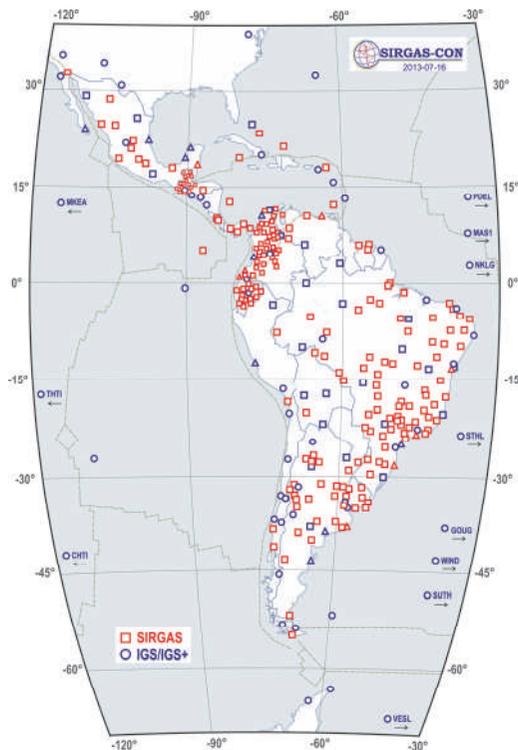


Figura 12. Red SIRGAS CON (estado al 17 de julio de 2013).

Tabla 1
Centros de Procesamiento y Combinación de SIRGAS (estado al 17 de julio de 2013)

<i>Institución</i>	<i>Responsables</i>
<i>Centros de Procesamiento oficiales</i>	
Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania (responsable del IGS RNAAC SIR)	Laura Sánchez
Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia	Orlando López, William Martínez, Francisco Mora, Oscar Suárez y Santiago Venegas
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil	Marco de Almeida Lima, Newton Junior y Claudia Santos Silva
Instituto Geográfico Militar, Chile	Cristian Mardones Castro, Héctor Parra Bravo, Víctor Piña Acuña y Sergio Rozas Bornes
Instituto Geográfico Militar, Ecuador	Marco Amores, Alberto Chávez y David Cisneros
Instituto Geográfico Nacional, Argentina	Sergio Cimbaro, Agustín Raffo y Diego Piñón
Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México	Luis Becerrill, Guillermo Gasca y Guido González
Servicio Geográfico Militar, Uruguay	Gonzalo Campo, Mathias Manisera Urciuoli, José Pampillón, Juan Perlas, Pedro Sandoval, Norbertino Suárez y Julio Teixeira
Universidad del Zulia, Venezuela	Víctor Cioce y Dhanniela Espinoza
Universidad Nacional de Cuyo, Argentina	Andrea Calori, Fernanda Camisay, Virginia Mackern, Laura Mateo y Ana Robín
<i>Centros de Procesamiento experimentales</i>	
Universidad Nacional, Costa Rica	Sara Bastos Gutiérrez, Jorge Moya Zamora, María José Rivas Guzmán y Francisco Valverde Calderón
<i>Centros de Combinación Oficiales</i>	
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil	Alberto da Silva
Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania	Laura Sánchez

Esta estructura funcional permite el procesamiento desagregado de SIRGAS-CON: el DGFI procesa una subred de extensión continental y los otros centros de procesamiento oficiales procesan subredes que se extienden sobre el país al que pertenece el centro y su región aledaña. Todas las estaciones SIRGAS-CON son calculadas en forma independiente por al menos tres centros de procesamiento y todas las soluciones resultantes son combinadas por el IBGE, como centro primario de combinación, y por el DGFI, como centro de resguardo y control. De este modo, las soluciones semanales que SIRGAS ofrece a la comunidad, en forma libre y gratuita, han superado controles redundantes que garantizan la mayor confiabilidad en el cumplimiento de los estándares geodésicos más exigentes en el ámbito internacional (Sánchez *et al.*, 2008; Sánchez *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2012).

Creación permanente de capacidades

La instalación de centros de procesamiento en los países de América Latina y el Caribe da cuenta del compromiso de SIRGAS con la creación permanente de capacidades. Ese compromiso se sostiene con una variedad de acciones complementarias que abarcan acuerdos institucionales, cursos, talleres y escuelas, articuladas por una política que se evalúa y ajusta anualmente en las reuniones del Consejo Directivo de SIRGAS.

Ningún centro de procesamiento, experimental u oficial, es reconocido por SIRGAS de no mediar un compromiso institucional debidamente documentado de sostener su funcionamiento. Entre los acuerdos institucionales que soportan la instalación de centros de procesamiento es necesario resaltar el que han suscrito varias instituciones con el DGFI, y a través de éste, con la Universidad de Berna (Suiza), para acceder, de forma muy conveniente, al programa de procesamiento Bernese, y a la capacitación para utilizarlo dentro de los objetivos de SIRGAS. Esa capacitación ha incluido cursos *in situ*, que en su mayoría fueron impartidos por la actual vicepresidente de SIRGAS, Laura Sánchez, de DGFI (Alemania); y en menos casos por la actual presidente del Grupo de Trabajo I, Virginia Mackern, de la UNC (Argentina).

La actividad paradigmática en materia de creación de capacidades ha sido la “Escuela SIRGAS/IAG/IPGH”, que se ha desarrollado con frecuencia anual desde 2009, convocando en cada edición a más de un centenar de asistentes provenientes de la mayoría de los países de la región (Figura 13). Las tres primeras se dedicaron a los “Sistemas de Referencia” y tuvieron lugar en Bogotá (Colombia), entre el 13 y el 17 de junio de 2009, bajo la hospitalidad del IGAC; en Lima (Perú), entre el 8 y el 10 de noviembre de 2010, bajo la hospitalidad del IGN; y en Heredia (Costa Rica), entre el 3 y el 5 de agosto de 2011, bajo la hospitalidad de la UNA. Las clases fueron impartidas por Hermann Drewes y Laura Sánchez (DGFI, Alemania), William Martínez (IGAC, Colombia), Virginia Mackern (UNC, Argentina) y Claudio Brunini (UNLP, Argentina).

La cuarta y última de las realizadas a la fecha, abordó la temática del “Posicionamiento GNSS en Tiempo Real” y se desarrolló en Concepción (Chile), entre el 24 y 26 de octubre de 2012, bajo la hospitalidad de la Universidad de Concepción (UC) y del IGM de Chile. En este caso las clases fueron impartidas por expertos de la Agencia Federal Alemana para Cartografía y Geodesia (BKG) con la cooperación de Roberto Pérez Rodino (Universidad de la República —UdeLaR—, Uruguay), Gustavo Noguera (Universidad Nacional de Rosario —UNR—, Argentina) y Melvin Hoyer (LUZ, Venezuela).

La otra actividad relevante orientada a la creación de capacidades han sido los talleres ya mencionados, desarrollados por el GT I en dos ocasiones (Río de Janeiro, Brasil, del 16 al 18 de agosto de 2006 y Montevideo, Uruguay, del 26 al 27 de mayo de 2008) y por el GT III en otras dos ocasiones (Santiago, Chile, del 10 al 14 de agosto de 1998 y Río de Janeiro, Brasil, del 3 al 6 de diciembre de 2012).



Figura 13. Fotografía grupal de los asistentes a las Escuela SIRGAS/IAG/IPGH de 2010.

Las reuniones que se han llevado a cabo desde 1993 con regularidad casi anual (Tabla 2), constituyen el principal punto de encuentro (presencial, dado que la Internet se ha convertido en un medio de encuentro virtual usado con mucha frecuencia por SIRGAS) de todas las componentes de la Organización: el Consejo Directivo, que evalúa los avances logrados en los diferentes campos de SIRGAS y define las directrices para la etapa venidera; el Comité Ejecutivo, cuya responsabilidad es velar por el cumplimiento de aquellas directrices; el Consejo Científico, que los asesora; y los Grupos de Trabajo, que son los artífices primarios de los logros de SIRGAS.

La modalidad de las reuniones cambió en 2008: a partir de ese año SIRGAS abrió a toda la comunidad las reuniones que originalmente convocaban solamente a los integrantes de sus cuerpos orgánicos. Bajo la denominación de “Reunión SIRGAS...” (los puntos suspensivos corresponden al año), se han convocado encuentros con más de un centenar de asistentes y varias decenas de exposiciones científicas que superan las revisiones habituales en los simposios de la especialidad. Nada dimensiona mejor la magnitud del crecimiento que la fotografía grupal de la Reunión SIRGAS, 2012, tomada durante la visita que los asistentes realizaron al observatorio geodésico fundamental TIGO, instalado en la ciudad chilena de Concepción (Figura 14). Los apoyos del IPGH y la IAG han sido fundamentales para permitir la transformación que ha convertido a las reuniones SIRGAS en el mayor foro geodésico de América Latina.

Tabla 2
Reuniones sostenidas por las diferentes componentes de SIRGAS

<i>Reunión</i>	<i>Lugar y fecha</i>	<i>Institución anfitriona</i>
GT II	Bogotá, Colombia, 20-22 abril de 1994	IGAC
GT I y GT II	La Plata, Argentina, 24-28 de octubre de 1994	Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas
GT I y GT II	Santiago de Chile, Chile, 5-9 de agosto de 1996	IGM
Comité Ejecutivo	Isla Margarita, Venezuela, 8-11 de abril de 1997	LUZ e IGM
Comité Ejecutivo	Río de Janeiro, Brasil, 3-9 de septiembre de 1997	IAG
GT III	Santiago de Chile, Chile, 11-13 de agosto de 1998	IGM
GT I y GT III	Birmingham, Inglaterra, 27-28 de julio de 1999	IUGG
Comité Ejecutivo	Cartagena, Colombia, 20-23 de febrero de 2001	IAG
GT I y GT III	Budapest, Hungría, 2-7 de septiembre de 2001	IAG
Comité Ejecutivo	Santiago de Chile, Chile, 21-25 de octubre de 2002	IGM
Comité Ejecutivo	Aguascalientes, México, 9-10 de diciembre de 2004	INEGI
Comité Ejecutivo	Caracas, Venezuela, 17-18 de noviembre de 2005	Sección Nacional del IPGH
GT I y GT II	Heredia, Costa Rica, 27-28 de noviembre de 2006	UNA
Comité Ejecutivo	Bogotá, Colombia, 7-8 de junio de 2007	IGAC
SIRGAS2008	Montevideo, Uruguay, 28-30 de mayo de 2008	SGM
SIRGAS2009	Buenos Aires, Argentina, 31 de agosto-4 de septiembre de 2009	IAG
SIRGAS2010	Lima, Perú, 11-12 de noviembre de 2010	IGN
SIRGAS2011	Heredia, Costa Rica, 8-10 de agosto de 2011	UNA
SIRGAS2012	Concepción, Chile, 29-31 de octubre de 2012	UC e IGM

SIRGAS de cara al futuro

El encuadre institucional de SIRGAS se sustenta en dos paradigmas complementarios: el establecido por la IAG para su “Sistema Geodésico de Observación Global” (en inglés GGOS) y el definido por el IPGH en su “Agenda Panamericana 2010-2020”.



Figura 14. Fotografía grupal de la Reunión SIRGAS2012, tomada durante la visita al Observatorio Geodésico Fundamental TIGO.

El primero de esos paradigmas expresa la vanguardia científica y tecnológica internacional en el campo de la Geodesia, en tanto que el segundo pone el acento en el uso de los conocimientos y las tecnologías de base geodésica para mejorar el ordenamiento territorial, mitigar el efecto de los desastres y abordar los procesos de cambio climático global que afectan a las Américas. Dentro de ese contexto, SIRGAS se conceptualiza a sí mismo como un puente que, transitado en una dirección, promueve la participación de la región en el escenario geodésico internacional, y transitado en la dirección opuesta, asegura que los conocimientos científicos de avanzada se transformen en soluciones concretas para los problemas de base geodésica que plantea la región.

La columna vertebral de la Agenda Panamericana 2010-2020 es la “Infraestructura de Datos espaciales de las Américas” (IDEA), a cuyo desarrollo el IPGH contribuye brindando soporte a tres organizaciones panamericanas: CPIDEA, GeoSUR y SIRGAS. El 15 de noviembre de 2012, durante la 44a Reunión del Consejo Directivo del IPGH celebrada en Buenos Aires (Argentina), esas tres organizaciones suscribieron junto al IPGH el “Plan de Acción Conjunto 2013-2015 para acelerar el desarrollo de la IDE de las Américas”. Resulta difícil abstenerse a la tentación de usar una imagen de capas apiladas si se deseara crear un logotipo que identifique a una IDE. Pero esa imagen, que sintetiza tan bien el concepto fundamental de la IDE, no dice nada sobre cómo se logran alinear las capas para que se superpongan unas sobre las otras. Suele decirse que eso se logra con la georreferenciación, pero aunque necesaria, esa condición es insuficiente para garantizar el alineamiento de las capas. Es imprescindible, además, que la georreferenciación de todas las capas se haga con respecto a un único marco de referencia, que constituye la capa funda-

mental de la IDE. Ese marco de referencia para América Latina y el Caribe lo proporciona SIRGAS.

Además de ese insumo básico, SIRGAS contribuye al desarrollo de la IDEA mejorando las capacidades de los productores y usuarios de información espacial a través de los cursos, talleres, escuelas y reuniones que se han descrito en la sección precedente; mediante la elaboración de estándares, especificaciones y guías de trabajo aplicables a la región; y coordinando una infraestructura de medición, almacenamiento y disseminación de datos de la red SIRGAS-CON. En relación con este último ítem, sobresalen los proyectos:

- “SIRGAS en Tiempo Real”, orientado a mejorar la capacidad de de SIRGAS-CON para la georreferenciación en tiempo real (Figura 15a); fue instalado en 2008 bajo la coordinación de Melvin Hoyer (LUZ, Venezuela) y luego la de Roberto Pérez Rodino (UdeLaR, Uruguay) y Gustavo Noguera (UNR, Argentina).
- “SIRGAS GLONASS”, orientado a incorporar las mediciones de los satélites GLONASS en el procesamiento de SIRGAS-CON (Figura 15b), fue instalado en 2011 bajo la coordinación de Víctor Cioce (LUZ, Venezuela) y Ana María Robin (UNC, Argentina).

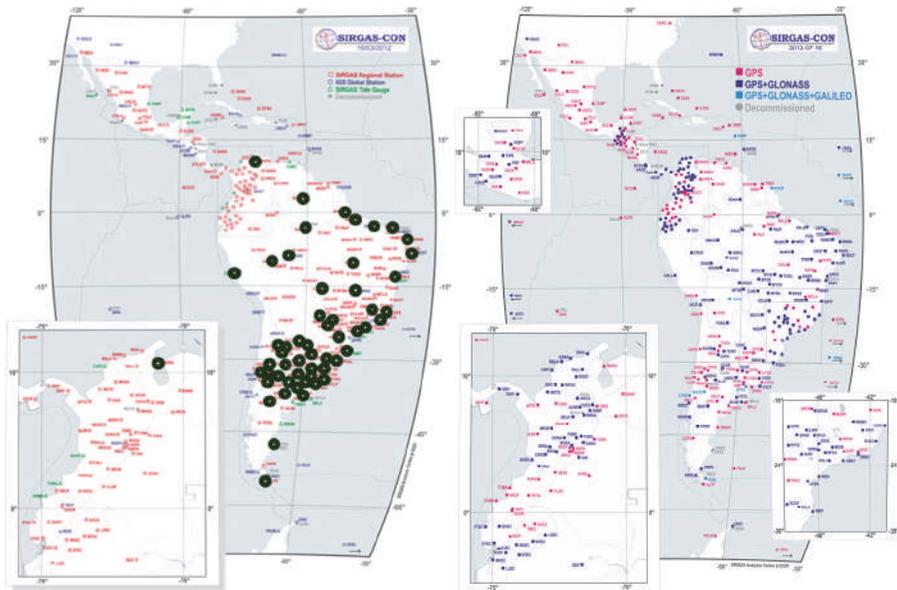


Figura 15. Distribución actual de las estaciones SIRGAS-CON a) con capacidad de transmisión de datos tiempo real (izquierda); y b) que capturan, además de GPS, señales GLONASS o Galileo (derecha).

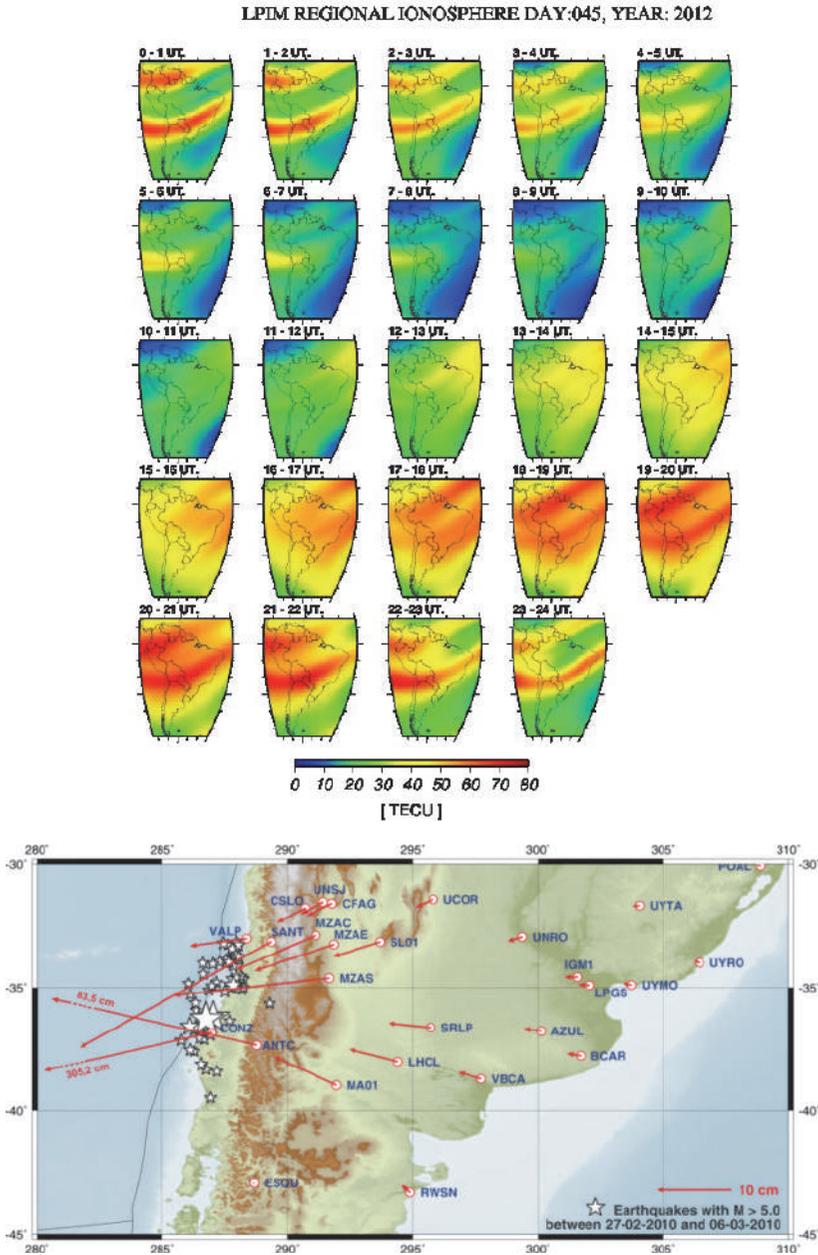


Figura 16a Secuencia de mapas que describen la variación del contenido total de electrones en la ionosfera a lo largo de un día; y b) desplazamiento causados en las estaciones SIRGAS-CON por el terremoto de El Maule (Chile, febrero de 2010).

El paradigma actual de la IAG impone la materialización de un marco de referencia que soporte todas las demandas de las IDE —desde el mapeo de grandes territorios despoblados hasta la cartografía de las más densas urbanizaciones—, y sirva también para el posicionamiento milimétrico requerido para estudiar la geodinámica y el cambio global (Drewes, 2012; Brunini *et al.*, 2012; Sánchez *et al.*, 2013). Los centros de procesamiento y combinación de SIRGAS le entregan a la comunidad un marco de referencia acorde a ese paradigma. Pero el compromiso de SIRGAS con la problemática del cambio global incluye también el desarrollo de varios proyectos que, aprovechando las mediciones SIRGAS-CON, producen información que contribuyen a comprender la actividad tectónica, la variabilidad de la atmósfera, el aporte de diferentes procesos geofísicos al ciclo del agua, las variaciones del nivel del mar en ambas costas del continente americano, etc. Dichas investigaciones se enmarcan en los proyectos:

- “Estudios Atmosféricos basados en la infraestructura de SIRGAS”, que contiene dos componentes: una dedicada al contenido electrónico en la ionosfera (Figura 16a, Brunini *et al.*, 2008), establecido en 2007 bajo la coordinación de Mauricio Gende (UNLP, Argentina); y otra dedicada al vapor de agua en la atmósfera neutra, que incluye contribuciones realizadas por grupos de Argentina, Colombia, Ecuador y Venezuela (*e.g.* Cioce *et al.*, 2010);
- “Movimientos No Lineales”, cuya meta es perfeccionar el mantenimiento del marco de referencia SIRGAS mediante el modelado de los procesos geofísicos que ocasionan cambios en las posiciones de las estaciones que no son lineales en el tiempo (*e.g.* terremotos, Figura 16b), variaciones estacionales inducidas por masas hidrológicas o atmosféricas, etc.; Kaniuth *et al.*, 2002b; Báez *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2010; Cruz Ramos y Sánchez, 2012; Bruyninx *et al.*, 2012); este proyecto fue instalado en 2011 y es coordinado por Juan Báez (UC, Chile) y Sergio Cimbaro (IGN, Argentina).

La estructura orgánica de SIRGAS

A lo largo de la primera década, la vida de SIRGAS estuvo regulada por acuerdos que no habían sido formalizados, más allá de las constancias escritas que dejaban los boletines que redactaba y distribuía el Presidente del Comité del Proyecto. La estructura funcional, que había sido sugerida por Hermann Drewes en la reunión fundacional de 1993 (Figura 17), produjo resultados admirables a lo largo de toda una década. Hacia el inicio de la segunda, SIRGAS había crecido lo suficiente para requerir una estructura funcional más compleja y, de su mano, una formalización más rigurosa de sus pautas de funcionamiento. Ello condujo a la elaboración de un Estatuto que fue discutido y aprobado en la Reunión de 2002, en Santiago de Chile.

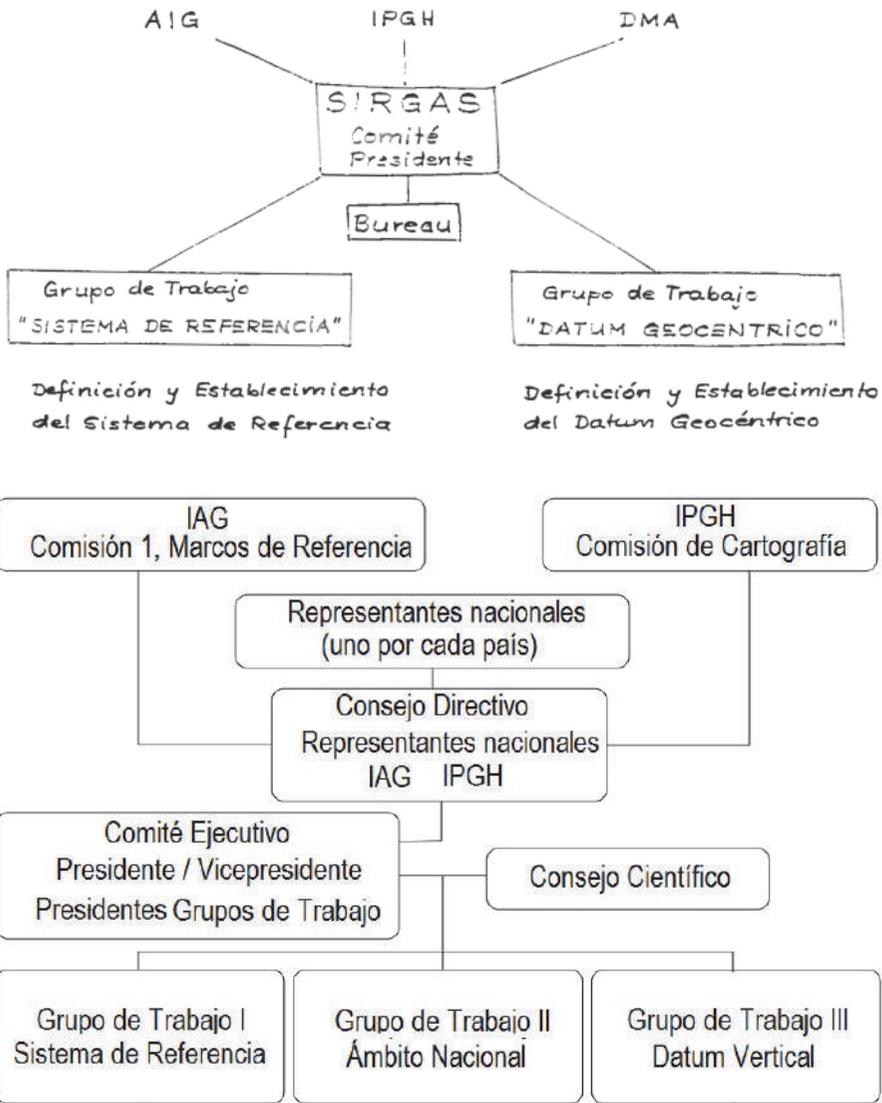


Figura 17. Arriba: reproducción de la lámina utilizada por H. Drewes en la Reunión de 1993, para proponer la estructura funcional de SIRGAS que perduraría por más de una década; abajo: estructura funcional actual de SIRGAS.

Con modificaciones formales que se aprobaron en 2011 —en la Reunión que se realizara entre el 8 y el 10 de agosto de ese año, en Heredia (Costa Rica)—, el Estatuto consagra el carácter democrático de SIRGAS, confiriendo la máxima autoridad a un Consejo Directivo (CD) formado por un representante de cada país miembro (19 en la actualidad) y uno de cada entidad patrocinadora (la IAG y el IPGH). Todos los estados americanos y del Caribe pueden ser miembros de SIRGAS y designar a sus representantes a través de sus organismos competentes. Ese Consejo fija las políticas de fondo mediante un mecanismo que privilegia el debate y la búsqueda de consensos y asigna un voto a cada uno de sus integrantes. Subordinado al CD existe un Comité Ejecutivo (CE), sobre el que recae la responsabilidad de llevar a la práctica las políticas decididas por el CD (Figura 9). Cuenta para ello con el asesoramiento de un Consejo Científico (CC) integrado por especialistas reconocidos en el ámbito internacional. El CE está integrado por el presidente y vicepresidente de SIRGAS y por los presidentes de los GT (tres en la actualidad). El presidente y el vicepresidente de SIRGAS son elegidos por el CD y renovados cada cuatro años.

Los Grupos de Trabajo están abiertos a toda persona calificada que desee contribuir al cumplimiento de los objetivos de SIRGAS y asuma el compromiso de honrar el significado de la sigla “T”, *i.e.* trabajo. Sus presidentes son elegidos por el presidente de SIRGAS con el aval del CD. El Estatuto de SIRGAS consagra la ausencia de lucro en los objetivos de la organización, garantiza el acceso irrestricto a sus conocimientos, productos y servicios y asegura el respeto a las políticas de datos que cada estado establece en forma independiente.

Inmediatamente aprobado el Estatuto, se ratificó a Luiz Paulo Souto Fortes, del IBGE, en la presidencia de SIRGAS y se eligió al primer vicepresidente, recayendo la responsabilidad sobre Eduardo Lauría, del IGM argentino.⁶ Al expirar sus mandatos, una nueva elección concretada en la Reunión del 7 y 8 de junio de 2007, en Bogotá (Colombia), bajo la hospitalidad del IGAC, asignó esas responsabilidades a los autores del presente artículo, quienes resultaron reelectos en la reunión del 8 al 10 de agosto de 2011, en Heredia (Costa Rica). La Tabla 3 presenta la lista de los diferentes integrantes del CE de SIRGAS.

SIRGAS en la Web

El portal web de SIRGAS <www.sirgas.org> ha acompañado el crecimiento del proyecto y ha evolucionado al ritmo que crecía la importancia de la Internet como medio de integración regional y global y como fuente de información y conocimientos. En la actualidad contiene la información más completa, detallada y precisa que pueda hallarse sobre SIRGAS y es la principal boca de acceso a los productos que SIRGAS le entrega a la comunidad. Su actualización es permanente y no sería

⁶ Actualmente, Instituto Geográfico Nacional (IGN).

exagerado caracterizarla con la terminología tan en boga dentro de la comunidad geodésica de “en tiempo real”.

Tabla 3
Miembros actuales y pasados del Comité Ejecutivo de SIRGAS

<i>Periodo</i>	<i>Responsable</i>	<i>Institución</i>
<i>Presidentes SIRGAS</i>		
1993-2002	Luiz Paulo Souto Fortes	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil
2002-2007		
2007-2011	Claudio Brunini	Universidad Nacional de La Plata, Argentina
2011-2015		
<i>Vicepresidentes SIRGAS</i>		
2002-2007	Eduardo Lauría	Instituto Geográfico Militar, Argentina
2007-2011	Laura Sánchez	Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania
2011-2015		
<i>Presidentes del GT I</i>		
2008-	María Virginia Mackern	Universidad Nacional de Cuyo, Argentina
2007-2008	Sonia Maria Alves	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil
2004-2007	Claudio Brunini	Universidad Nacional de La Plata, Argentina
1993-2004	Melvin Hoyer Romero	Universidad del Zulia, Venezuela
<i>Presidentes del GT II</i>		
2008-	William Martínez Díaz	Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia
2007-2008	Tomás Marino Herrera	Universidad Nacional, Costa Rica
200-2007	Wilfredo Amaya Zelaya	Instituto Geográfico y del Catastro Nacional, El Salvador
2004-2005	Antonio Hernández	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México
1995-2004	Rodrigo Barriga Vargas	Instituto Geográfico Militar, Chile
1993-1995	Walter Subiza	Servicio Geográfico Militar, Uruguay
<i>Presidentes del GT III</i>		
2013-	Sílvio Correia de Freitas	Universidade Federal do Paraná
2008-2013	Roberto Teixeira Luz	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil
2007-2008	William Martínez Díaz	Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia
2008-2007	Laura Sánchez	Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia
1997-2001	Roberto Texeira Luz	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil

La primera versión tomó estado público a finales de 2002, fue hospedada por la institución a la que pertenecía el presidente de SIRGAS, por entonces Luiz Paulo Souto Fortes, del IBGE (Brasil), bajo cuya responsabilidad fue desarrollada y mantenida. Hacia finales de 2002 SIRGAS sanciona el estatuto que aún rige su vida institucional, el cual introduce la figura del vicepresidente a quien asigna, entre otras, la responsabilidad de mantener el portal. Este se traslada entonces del IBGE al IGM argentino y su mantenimiento queda bajo la responsabilidad de Eduardo Lauria, primer vicepresidente de SIRGAS. En 2007, la vicepresidencia de SIRGAS recae en Laura Sánchez, de DGFI (Alemania); desde entonces, el portal es hospedado por esa institución y su mantenimiento es llevado adelante por Laura Sánchez.

Comentarios finales

Además del respaldo científico y técnico brindados por la IAG y el IPGH de manera continuada desde la creación de SIRGAS en 1993, su apoyo se ha materializado de dos maneras complementarias e igualmente relevantes: mediante subsidios regulares, que SIRGAS ha aplicado casi exclusivamente a facilitar intercambios científicos y académicos que han beneficiado a numerosas instituciones en casi todos los países de América Latina y más recientemente del Caribe; y mediante un sostenido respaldo intelectual al accionar de SIRGAS frente a los institutos geográficos y otras agencias gubernamentales de la comunidad panamericana. Tales apoyos han resultado esenciales para convertir a SIRGAS en el principal foro de debate y en el principal agente de difusión de los avances de la Geodesia de América Latina y el Caribe (con reuniones anuales, escuelas y talleres que en promedio convocan a más de un centenar de participantes); siendo el principal articulador de la actividad geodésica de referencia en la región.

A través de sus grupos de trabajo, SIRGAS desarrolla en forma permanente una multiplicidad de actividades que abarcan: i) la materialización de un sistema de referencia vertical asociado al campo de gravedad terrestre, preciso y consistente a escala continental y global, lo cual requiere el análisis de las redes de nivelación y gravedad de todos los países latinoamericanos, conjuntamente con observaciones mareográficas y de altimetría satelital oceánica; ii) el apoyo al establecimiento de marcos de referencia nacionales vinculados a SIRGAS en los países que aún no lo han hecho y la promoción de la implementación de técnicas avanzadas de posicionamiento (por ejemplo, las denominadas de “tiempo real”); iii) la actualización permanente de las convenciones y modelos utilizados para elaborar los productos que SIRGAS pone a disposición de la comunidad; iv) estudios orientados a la comprensión del cambio global, tales como la producción de mapas de variables atmosféricas y el monitoreo del nivel del mar mediante mareógrafos controlados con GNSS; v) asistencia técnica permanente a una vasta comunidad allegada a SIRGAS y a la Organización de los Estados Americanos, a través del IPGH, para la resolu-

ción de diferendos limítrofes; vi) participación en reuniones internacionales de la IUGG, de la IAG y de sus componentes para garantizar que los quehaceres de SIRGAS comulgan con los avances científicos de la Geodesia a nivel mundial. Todas estas actividades son de largo aliento y se desarrollan con apoyo del IPGH y de la IAG, de forma permanente, bajo la coordinación de su Comité Ejecutivo y con la participación, en los Grupos de Trabajo, de científicos y técnicos, no sólo de los 19 países de América Latina y el Caribe que lo conforman, sino también de entidades transcontinentales, en especial, el Deutches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI).

Bibliografía

- Báez J.C., de Freitas S.C.R, Drewes, H., Dalazoana, R., Luz, R.T. (2007), “Deformations control for the Chilean part of the SIRGAS 2000 frame”, Springer, IAG Symposia, vol. 130, pp. 660-664.
- Brunini C., Sánchez L. (2012). “Geodetic activities in Latin America and The Caribbean: always IN”, *Coordinates*, vol. VIII, Issue 6, June.
- . (2013). “Geodetic Reference Frame for the Americas”, *GIM International*, 3(27):26-31.
- Brunini C., Moirano J.F., Mackern M.V. (2000). “Comparación entre los marcos de referencia POSGAR’94 y POSGAR’98”, Actas de la 20a Reunión de Geofísica y Geodesia, Mendoza, Argentina, 21-29 septiembre.
- Brunini C., Meza A., Gende M., Azpilicueta F. (2008). “South American regional ionospheric maps computed by GESA: a pilot service in the framework of SIRGAS”, *Advances in Space Research*, doi:10.1016/j.asr.2007.08.041.
- Brunini, C., Sánchez L., Drewes H., Costa S., Mackern V., Martínez W., Seemüller W., Da Silva A. (2012). “Improved Analysis Strategy and Accessibility of the SIRGAS Reference Frame”, in Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (eds.), “Geodesy for Planet Earth”, *IAG Symposia*, No. 136, pp. 3-10.
- Bruyninx, C., Altamimi Z., Becker M., Craymer M., Combrinck L., Combrink A., Dawson J., Dietrich R., Fernandes R., Govind R., Herring T., Kenyeres A., King R., Kreemer C., Lavallée D., Legrand J., Sánchez L., Sella G., Shen Z., Santamaría-Gómez A., Wöppelmann G. (2012). “A Dense Global Velocity Field Based on GNSS Observations: Preliminary Results”, in Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (eds.), “Geodesy for Planet Earth”, *IAG Symposia*, No. 136, pp. 19-26.
- Cadess H., Henneberg H., Palleja E., Pinch M. (1993). “Inter-American Geodetic Integration”, Springer, *IAG Symposia*, vol. 111, pp. 3-15.
- Cioce V., Hoyer M., Wildermann E., Royero G., Espinosa R., Méndez T. (2010). “Aprovechamiento de la infraestructura observacional SIRGAS-CON en Venezuela para el seguimiento del vapor de agua troposférico”, presentado en la Reunión SIRGAS 2010, noviembre 11 y 12, Lima, Perú.

- Costa S.M.A.C., Lima M.A.A. (2005). "Ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira em SIRGAS2000", IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba, PR. IBGE, Brasil.
- Costa S.M.A., Da Silva A.L., Vaz J.A. (2012). "Report on the SIRGAS-CON Combined Solution by IBGE Analysis Center", in Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (eds.), "Geodesy for Planet Earth", *IAG Symposia*, No. 136, pp. 853-858.
- Cruz Ramos O., Sánchez L. (2012). *Efectos en el marco de referencia SIRGAS del terremoto del 7 de noviembre de 2012 en Guatemala*, DGFI, Munich, Nov. 16, 2012.
- Drewes H. (1995). "Sistema de Referencia Geocentrico para America del Sur", *Proceedings IGS Workshop Densification of the IERS Terrestrial Reference Frame through regional GPS networks*, A65-A73.
- . (1999). "Report on the South American Geocentric Reference System (SIRGAS)", in O. Andersen (Ed.), *Travaux International Association of Geodesy*, No. 31, pp. 381-383.
- . (2001). The unified height reference system for the Americas 7th UN Reg. Cart. Conf. for the Americas, E/CONF.93/INF.14.
- . (2003). "Report 1999-2003 on the Geocentric Reference System for the Americas (SIRGAS)", *Travaux International Association of Geodesy*, vol. 32, 2 pp.
- . (2012). "How to Fix the Geodetic Datum for Reference Frames in Geosciences Applications?", in Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (eds.), "Geodesy for Planet Earth", *IAG Symposia*, No. 136, pp. 657-664.
- Drewes H., Fortes L.P.S, Hoyer M.J., Barriga R. (1997). *Status report of the SIRGAS project IGS Annual Report*, No. 1996, pp. 433-436.
- Drewes H., Tremel H., Hernández J.N. (1998). "Adjustment of the new Venezuelan national GPS network within the SIRGAS reference frame", Springer; *IAG Symposia*; vol. 118, pp. 193-198.
- Drewes H., Heidbach O. (2012). "The 2009 Horizontal Velocity Field for South America and the Caribbean", in Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (eds.), "Geodesy for Planet Earth", *IAG Symposia*, No. 136, pp. 657-664.
- Drewes H., Sánchez L., Blitzkow D., De Freitas S. (2002). "Scientific foundations of the SIRGAS vertical reference system", Springer; *IAG Symposia*, vol. 124, pp. 297-301.
- Drewes H., Kaniuth K., Völksen C., Costa S.M.A., Fortes L.P.S. (2005). "Results of the SIRGAS campaign 2000 and coordinates variations with respect to the 1995 South American geocentric reference frame", Springer; *IAG Symposia*, vol. 128, pp. 32-37.

- Echalar A., Sánchez L. (2010). "Ajuste del Marco de referencia Geodésico Nacional de Bolivia en SIRGAS: MARGEN-SIRGAS", presentado en la Reunión SIRGAS 2010, noviembre 11 y 12, Lima, Perú.
- Figuerola C., Amaya W., Sánchez L. (2010). "Integración de la red geodésica básica nacional de El Salvador a SIRGAS", *Revista Cartográfica*, núms. 85-86, pp. 19-34, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México.
- Fortes L.P.S, Hoyer M.J., Subiza W., Drewes H. (1995). *The SIRGAS project IGS Annual Report*, 1994, pp. 247-250.
- De Freitas S.R.C.; Medina A.S., De Lima S.R.S. (2002). "Associated problems to link South American vertical networks and possible approaches to face them", Springer; *IAG Symposia*, vol. 124, pp. 318-323.
- Kaniuth K., Drewes H., Stuber K., Tremel H., Moirano J. (1998). "Results of the SIRGAS 95 GPS network processing at DGFI/I", Springer; *IAG Symposia*, vol. 118, pp. 180-186.
- Kaniuth K., Tremel H., Drewes H., Stuber K., Maturana R., Parra H. (2002a). "Processing of the SIRGAS 2000 GPS campaign at DGFI", Springer; *IAG Symposia*, vol. 124:312-317.
- Kaniuth K., Mueller H., Seemüller W. (2002b). "Displacement of space geodetic observatory Arequipa due to recent earthquakes", *Zeitschr. fuer Verm*, No. 127, pp. 238-243.
- Kumar M. (1993). "A geocentric approach for the new South American horizontal datum Proceedings", Int. Conf. on Cartography-Geodesy; Maracaibo, Venezuela, Inst. Astronomia y Geodesia; Madrid, No. 1, pp. 59-65.
- Luz R. T. (2008). Estratégias para modernização da componente vertical do Sistema Geodésico Brasileiro e sua integração ao SIRGAS. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 207 f. Biblioteca Virtual da UFPR <<http://www.cienciasgeodesicas.ufpr.br/teses/teses02.html>>.
- Luz R.T., Fortes L.P.S., Hoyer M.J., Drewes H. (2002). "The vertical reference frame for the Americas - The SIRGAS 2000 GPS campaign", Springer; *IAG Symposia*, vol. 124, pp. 302-305.
- Martínez W., Sánchez, L. (2009). "Realization of the SIRGAS Reference Frame in Colombia", Springer, *IAG Symposia*, vol. 134, pp. 185-190.
- Moirano J., Brunini C., Drewes H., Kaniuth K. (1998). "Realization of a geodetic reference system in Argentina in connection with SIRGAS", Springer, *IAG Symposia*, vol. 118, pp. 199-204.
- Sánchez L. (2004). *Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia*, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Bogotá, Colombia.

- . (2007). “Definition and realization of the SIRGAS vertical reference system within a globally unified height system”, Springer, *LAG Symposia*, vol. 130, pp. 638-645.
- . (2008). “Approach for the establishment of a global vertical reference level”, *LAG Symposia*, vol. 132, pp. 119-124, Springer, Berlin, Heidelberg.
- . (2009). “Strategy to Establish a Global Vertical Reference System”, Springer, *LAG Symposia*, vol. 134, pp. 273-278.
- . (2012). “IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIR) Report of activities 2011”, in Meindl, M., R. Dach, Y. Jean (Eds.), International GNSS Service, Technical Report 2011; Astronomical Institute, University of Bern, pp. 107-115.
- Sánchez L., Brunini C. (2008). “SIRGAS: Basis for geosciences, geodata and navigation in Latin America”, in *Proceedings of the International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-based and Ground-based Augmentation Systems and Applications*, Berlin, 11-14 November, Berlin Senate Department for Urban Development, pp. 37-39.
- . (2009). “Achievements and Challenges of SIRGAS”, Springer, *LAG Symposia*, vol. 134, pp. 161-166.
- Sánchez L., Seemüller W., Krügel M. (2008). “Comparison and combination of the weekly solutions delivered by the SIRGAS Experimental Processing Centers”, *DGFI Report*, No. 80, Munich, 77 p.
- Sánchez L., Seitz M. (2011). “Recent activities of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIR)”, *DGFI Report*, No. 87.
- Sánchez L., Seemüller W., Drewes H. (2010). SIRGAS y el terremoto del 4 de abril de 2010 en México. Reporte de cálculo. Centro de Análisis SIRGAS en el DGFI.
- Sánchez L., Brunini C., Mackern V., Martínez W., Luz R.T. (2011). “SIRGAS: the geocentric reference frame of the Americas”, *Proceedings of the International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-Based and Ground-Based Augmentation Systems and Applications 2010*, Brussels, Belgium, November 29-30, 2010, Berlin Senate Department for Urban Development, pp. 21-25.
- Sánchez L., Seemüller W., Seitz M. (2012). “Combination of the Weekly Solutions Delivered by the SIRGAS Processing Centres for the SIRGAS-CON Reference Frame”, in Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (eds.), “Geodesy for Planet Earth”, *LAG Symposia*, 136, pp. 845-852.
- Sánchez L., Seemüller W., Drewes H., Mateo L., González G., Da Silva A., Pampillón J., Martínez W., Cioce V., Cisneros D., Cimbaro S. (2013). “Long-Term Stability of the SIRGAS Reference Frame and Episodic Station Movements Caused by the Seismic Activity in the SIRGAS Region”, in Altamimi Z. and

- Collilieux X (eds.), Reference Frames for Applications in Geosciences, *IGS Symposia*, 138, pp. 153-161, Springer Berlin Heidelberg.
- Seemüller W. (2009). "The Position and Velocity Solution DGF06P01 for SIRGAS", Springer, *IGS Symposia*; vol. 134, pp. 167-172.
- Seemüller W., Drewes, H. (1998a). "The IGS Regional Associate Analysis Center for South America at DGFI/I", Springer, *IGS Symposia*, vol. 118, pp. 211-215.
- . (1998b). "Annual report 1997 of the RNAAC SIRGAS", *IGS 1997 Technical Reports*, 173-174, IGS CB, JPL Pasadena.
- . (1999). "Annual Report 1998 of RNAAC SIRGAS", *IGS 1998 Technical Reports*, pp. 133-134, IGS CB, JPL Pasadena.
- . (2000). "Annual Report 1999 of RNAAC SIRGAS", *IGS 1999 Technical Reports*, IGS CB, JPL Pasadena.
- . (2002). Annual Report 2000 of RNAAC SIR IGS Techn. Rep., 2000; JPL Publ. 02-012:141-144.
- Seemüller W., Kaniuth K., Drewes H. (2002). "Velocity estimates of IGS RNAAC SIRGAS stations", Springer, *IGS Symposia*, vol. 124, pp. 7-10.
- . (2004). "Station positions and velocities of the IGS regional network for SIRGAS", *DGFI Report*, núm. 76.
- Seemüller W., Krügel M., Sánchez L. (2008). "The position and velocity solution DGF08P01 of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS-RNAAC-SIR)", *DGFI Report* No. 29, Munich, p. 110.
- Seemüller W., Seitz M., Sánchez L., Drewes H. (2009). "The position and velocity solution SIR09P01 of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIR)", *DGFI Report* No. 85, Munich, p. 112.
- Seemüller W., Sánchez L., Seitz M., Drewes H. (2010). "The position and velocity solution SIR10P01 of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIR)", *DGFI Report* No. 86.
- . (2012). "The new Multi-year Position and Velocity Solution SIR09P01 of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre (IGS RNAAC SIR)", in Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (Eds.), "Geodesy for Planet Earth", *IGS Symposia*, 136, pp. 877-884.
- SIRGAS Project Committee (1997). "SIRGAS Final Report", Working Groups I and II IBGE, Rio de Janeiro, p. 96.
- Tremel H., Sánchez L., Drewes H. (2001). "Procesamiento de la red GPS básica de Colombia: Marco Geocéntrico Nacional – MAGNA", *Revista Cartográfica IPGH*, núm. 73, pp. 7-23.
- Zurita P., Cisneros D., Bayas M., Amores M. (2010). "Adopción de SIRGAS como nuevo marco de referencia para el Ecuador", Presentado en la Reunión SIRGAS 2010, noviembre 11 y 12, Lima, Perú.

Proceso participativo de producir un mapa integrado de Centroamérica y sur de México

Marcela Norori*

Carren Williams, Elam Torres
Leonardo Salazar, Eduardo Sáncho
Emma Flores, Blanca Isabel Gómez,
Francisco Benítez, Regina Menendez,
Milton Núñez, Alex Martínez,
Jean Parcher, Roberto Lugo,
Eufracio Zavala, Noel Ramírez,
José Pérez, Carlos Morales,
Elizabeth Samuels, Rogelio Mondragón

Abstract

The development of a regional map based on the official geospatial datasets of the National Geography Institutes of Central America and Mexico is an essential element for the use of people who inhabit the region to aid in their everyday decision making process, both for community and regional scales. This Regional Map of Central America and southern Mexico, integrates elements relating to: political-administrative divisions of the regions —departments, states and provinces— major urban settlements, the roads, water bodies and rivers. The digital map can be used to determine the areas influences and contribute to the prevention and disaster mitigation to safeguard human lives and natural resources.

Utilizing the participatory mapping approach with support from the Pan American Institute of Geography and History (PAIGH) to integrate the geospatial data information between eight countries not only assures the continuity of the project, but also strengthens the relationship between the technical specialists in the region. This type of initiative provides a means to use maps to allow the countries be able to capture the movements and trends of development of peoples.

* Dirección General de Catastro y Geografía de Honduras, Honduras, C.A., correo electrónico: marcela_norori@hotmail.com

Key words: *Central America, México, integrated map, transboundary, participatory.*

Resumen

La elaboración de un mapa regional basado en los datos geoespaciales oficiales de los institutos geográficos de Centroamérica y México constituye un elemento fundamental para las personas que habitan la región para la toma de decisiones tanto a escala local como regional. El mapa regional de Centroamérica y sur de México, integra elementos relativos a: las divisiones político-administrativas de las regiones —departamentos, estados y provincias—, los principales asentamientos urbanos, las vías de comunicación, cuerpos y corrientes de agua; este mapa permite determinar las áreas de influencias y coadyuvar a la toma de medidas de prevención y mitigación de desastres para salvaguardar las vidas humanas y los recursos naturales.

Utilizando la metodología participativa y con apoyo del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), integrar la información geoespacial entre estos ocho países no solamente asegurará la continuidad de este proyecto, sino que también fortalece las relaciones entre los especialistas técnicos de la región. Este tipo de iniciativas deben ser un medio para que a través de los mapas los países puedan plasmar los movimientos y las tendencias de evolución de los pueblos.

Palabras clave: *Centroamérica, México, mapa integrado, transfronterizas, participativo.*

Antecedentes

El monitoreo del cambio climático a una escala global requiere la cooperación entre las naciones y para que esta cooperación se haga efectiva, las naciones necesitan compartir y hacer compatible sus datos ambientales, geográficos y demográficos, de tal manera que es necesario promover la colaboración entre naciones, sin que se comprometa la seguridad nacional. En Centroamérica, muchos de los Institutos Geográficos Nacionales han completado sus conjuntos de datos del Mapa Global, y están considerando aplicar los estándares y el contenido de los datos del Mapa Global, a los datos de alta resolución de sus países. En el año 2009 Jean Parcher, geógrafa del U.S. Geological Survey, preparó la primera solicitud al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) para iniciar los talleres participativos en Centroamérica, la propuesta prometía llevar a cabo unas series de reuniones de trabajo entre los representantes de los Institutos Geográficos Nacionales de todos los países de Centroamérica y de México, con el objeto de construir un mapa digital integrado de toda la región. El pequeño tamaño de la región Centroamericana vista en una escala mundial y el gran número de desastres naturales que afecta la región, hacia imprescindible contar con información geográfica para diversos usos.

En los cuatro años que han transcurrido desde el 2009 hasta el 2013 se llevaron a cabo tres talleres para la integración de los datos geográficos de Centroamérica y Sur de México.

Existen algunos datos sobre desastres naturales provenientes de previas actividades de mitigación, junto con datos ambientales relacionados a proyectos, sin embargo los mismos no han estado integrados. Las actividades de mapeo integradas regionalmente son esenciales para garantizar la compatibilidad de los datos a largo plazo a través de la región.

Objetivos

Aplicar métodos de cartografía participativa para armonizar e integrar datos cartográficos digitales para la región Centroamericana y el sur de México en una escala de 1:250,000 o mayor.

Desarrollo de talleres participativos

Primer taller

El primer Taller Centroamericano de Integración de Datos y Capacitación Técnica se llevó a cabo en la ciudad de Heredia, República de Costa Rica entre los días 21 al 27 de agosto de 2011. Participantes provenientes de los institutos geográficos nacionales de los siete países centroamericanos, de México, y de los Estados Unidos se reunieron en la Universidad Nacional de Costa Rica con el propósito de armonizar las capas base de datos geoespaciales a través de las fronteras internacionales para crear un mapa digital continuo de Centroamérica.

Todos los participantes concurren con sus datos oficiales para trabajar a escala 1:250,000 de manera participativa, colaboraron con sus países vecinos para integrar los temas de hidrografía, vías, poblados y límites administrativos en un conjunto de datos regional. Este taller estuvo financiado por las Comisiones de Cartografía, Geografía, y Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI).

Segundo taller

El segundo Taller Centroamericano de Integración de Datos y Capacitación Técnica se llevó a cabo en la ciudad de Sonsonate, República de El Salvador, entre los días 28 de noviembre al 3 de diciembre de 2011 con el apoyo logístico y administrativo del Centro Nacional de Registros, Instituto Geográfico y del Catastro Nacional de El Salvador (CNR). El taller estuvo financiado por las Comisiones de Cartografía, Geografía, y Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), el programa GeoSUR y la empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI).

Durante este taller se le dio continuidad al primer taller con los mismos participantes provenientes de los institutos geográficos nacionales de los siete países de Centroamérica, de México, y de los Estados Unidos con el objeto de armonizar las capas base de datos geospaciales nacionales para crear un mapa digital continuo de Centroamérica y el sur de México. Después de revisar la armonización de las cuatro capas básicas (límites administrativos, hidrología, vías y poblados), los participantes se pusieron de acuerdo en los rasgos y atributos en común que se debían incluir en el mapa digital continuo de Centroamérica. Cada Institución Geográfica armonizó sus datos para integrarlos en el conjunto de datos regional, trabajando en conjunto con los países con los que compartían fronteras. Como conclusión a este taller se dispuso que este mapa integrado de la región debía estar disponible en la web, para lo cual el programa GeoSUR mostro interés en apoyar esta iniciativa.

Tercer taller

El tercer Taller Centroamericano de Integración de Datos y Capacitación Técnica también se llevó a cabo en la ciudad de Sonsonate, República de El Salvador, El Salvador entre los días 21 al 27 de abril de 2013 con el apoyo logístico y administrativo del Centro Nacional de Registros, Instituto Geográfica y del Catastro Nacional de El Salvador (CNR) (véase Figura 1). El taller estuvo financiado por las Comisiones de Cartografía, Geografía, y Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), el programa GeoSUR y la empresa Enviromental Systems Research Institute (ESRI).



Figura 1. Participantes de Centroamérica, México y Estados Unidos durante el “Tercer Taller de Integración de Datos y Desarrollo de Capacidades Técnicas de América Central”, llevado a cabo en El Salvador en abril del año 2013.

En este taller se terminó con la integración de las capas principales, se decidió la simbología cartográfica a utilizar en el mapa digital integrado de Centroamérica y sur de México (Mapa Meso-Americano), también se hicieron los metadatos para cada capa. Al finalizar el taller se obtuvo el producto integrado de ocho capas de información: límites administrativos (límites nivel 1, límites nivel 2 y límites nivel 3), hidrografía (ríos, cuerpos de agua), vías (carretera internacional, carreteras principales y secundarias), poblados (mancha urbana y asentamientos).

Metodología

Se integraron ocho capas para el mapa de Centroamérica y sur de México, contenidas dentro los cuatro grupos siguientes:

- I Tema de Límites Administrativos, compuesto de 3 capas: Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3.
- II Tema de Hidrografía, compuesta de 2 capas: Ríos y Cuerpos de Agua.
- III Tema de Poblados, compuesto de 2 capas: Poblados y Mancha Urbana.
- IV Tema de Vías, compuesto de 1 capa: Vías.

En el tema de Límites Administrativos, la capa de Nivel 1 se refiere a la mayor división política en el país, como departamentos, provincias o estados. Luego seguido la capa del Nivel 2 son las divisiones políticas que le siguen dentro del Nivel 1 como los municipios o cantones. Por último el Nivel 3 se refiere a las divisiones más pequeñas del país tales como las aldeas en el caso particular de Honduras o el corregimiento en Panamá.

Al comienzo del primer taller los representantes de los distintos países presentaron su data y hubo un buen diálogo sobre los problemas que se tendrían que solucionar durante la integración de las capas. Las capas seleccionadas habían sido creadas a escala de 1:200,000 y otras a escala 1:25,000.

Descripción general de la diferencia en la data

Al iniciar la revisión de la data se pudo observar que los rasgos representativos entre las capas adyacentes en muchas zonas no coincidían con el rasgo pertinente al cruce de la frontera. Esto ocurre comúnmente en capas digitales y en particular capas que se digitalizan a escala de 1:200,000 o menor, y más si se trata de capas procedentes de distintas organizaciones. En otros casos fue visible la diferencia entre la densidad de los rasgos entre capas adyacentes. Por ejemplo en una capa representando los rasgos de los ríos, la cantidad de rasgos en un país en algunos casos eran mucho más densos a los rasgos de la capa del país vecino. Estas diferencias de densidad y alineamiento entre capas de países vecinos se trabajaron en conjunto con representantes de ambos países para llegar a un acuerdo en cuanto al cambio que se llevaría a cabo para integrar la data.

Otro problema bastante complicado que se tuvo que enfrentar fue el de las diferencias entre los atributos y sus definiciones (Tabla 1).

Al momento en que se intentaba unir las capas las definiciones de los campos y el contenido de los atributos en sus respectivas tablas no combinaban correctamente, por lo que era imposible unir las sin antes preparar las tablas creando nuevos campos y modificando la data.

De una manera participativa y después de un largo diálogo, con el propósito de obtener uniformidad en los campos de todas las capas contribuidas el grupo decidió que los campos tendrían ciertos nombres y tipos definidos para que así se les diera un despliegue y descripción uniforme a los rasgos y a su significado.

Tabla 1
Atributos de las capas trabajadas

<i>Capa</i>	<i>Campos</i>	<i>Ejemplos de data en campos respectivos</i>
Poblad	País	MX, BE, GT, HN, SV, NI, CR, PA
	Categoría	Departamento, Estado, Municipio, Provincia, Urbana, Rural, District, Town, City
	Cod_Ctegoría	1, 2, 3, 4 IE. Dept (1). Estado (1). District (1), City (1), Town (2), Municipio (2), Rural (2)
	Nombre Población Cod_Unico	
Mancha urbana	País	MX, BE, GT, HN, SV, NI, CR, PA
	Nombre Población	
Límites administrativos	País	MX, BE, GT, HN, SV, NI, CR, PA
	Categoría	Departamento, Estado, Municipio, Provincia, Urbana, District, Town, City
	Cod_Ctegoría	1, 2, 3, 4 IE. Dept (1), Estado (1), District (1), City (1), Town (2), Municipio (2)
	Nombre Población Cod_Unico	
Carreteras	Nombre Tipo	Pavimentada. No Pavimentada, Otro
	Nivel	Panamericana (1), Pavimentada (2), No Pavimentada, Otro (3)
	País	MX, BE, GT, HN, SV, NI, CR, PA
Ríos	Nombre Tipo	MX, BE, GT, HN, SV, NI, CR, PA
	Nombre Tipo Clasificación	Perenne, Intermitente Lago, Laguna, Embalse, Corriente de agua,
Cuerpos de agua	País	MX, BE, GT, HN, SV, NI, CR, PA

Por ejemplo en el caso de Poblados existía una variedad de campos diferentes para cada país y luego de la discusión el acuerdo fue mantener sólo seis campos para describir los poblados; los campos seleccionados fueron campos que estaban presentes en la mayoría de las capas de los países. Las otras siete capas fueron trabajadas de igual forma en referencia a los campos y atributos de las tablas.

Integración de la data

Inicialmente en el primer taller se integraron geográficamente las ocho capas, utilizando para ello imágenes Landsat que permitieran ver como se unían la data entre las fronteras de cada país; cada participante de un país integraba sus capas con las de los países vecinos y así sucesivamente. En el segundo y tercer taller, luego de que se definió el orden de los campos de todas las capas, los participantes prepararon sus capas añadiendo campos nuevos y completando los campos con los atributos apropiados. Cuando se terminó de verificar que la data tuviera los atributos correctos se procedió a unir todas las capas de los distintos temas en capas continuas y representativas de cada tema. El producto final resulto en ocho capas representando cuatro temas. Todas las capas se crearon y se manipularon utilizando el SIG de ESRI versión 9.3, 10.0 y 10.1 de ArcGIS. Todas las capas integradas se convirtieron a una geodatabase y se proyectaron a la proyección geográfica WGS-1984.

Posteriormente estas capas se entregaron a los representantes del Centro Nacional de Registros de El Salvador, quienes asumieron el compromiso de preparar el producto final en digital y habilitarlo al público en un WMS en el servidor de GeoSUR.

Metadatos

En el marco del tercer taller se desarrolló la tarea de documentar las capas que se estuvieron trabajando desde el primer taller, a través de metadatos; éstos se gestionaron según el estándar ISO 19115, a través del perfil Lamp, utilizando la herramienta de ArcCatalog versión 10.1 (de ESRI). Este trabajo fue ejecutado por un grupo de técnicos de Guatemala, Belice, El Salvador, Costa Rica y Panamá, quienes identificaron, recolectaron y documentaron los campos establecidos como: obligatorios, condicionales y opcionales.

El proceso de captura se estableció documentando un archivo *.xml con los datos generales que sirvió de plantilla y luego se dividieron entre los integrantes del grupo de trabajo las tareas de: recopilación de la información, traducción del español al inglés y la documentación de los datos particulares de cada una de las capas. Como resultado se obtuvieron metadatos que permiten: la búsqueda, acceso, descripción y difusión de los datos, que han adquirido mayor valor.

Publicación del mapa

La publicación estuvo a cargo de los representantes del Centro Nacional de Registros de El Salvador. Esta se hizo en el Geoportal de GeoSUR <<http://www.geosur.info/geosur/>>, con la proyección WGS 1984 Web Mercator (auxiliary sphere), y se representó en las escalas que son comunes para otros servicios en línea como ESRI Online, Google Maps o Bing Maps. Por tal razón, el mapa tiene como escala mínima la de 1:9,244.649 y una escala máxima de 1:144,448. Así mismo, cabe destacar que la leyenda del mapa se elaboró tanto en español como en inglés, para lograr una mejor comprensión de todos los usuarios. Entre los elementos geográficos que el mapa representa están los Límites Administrativos, que por su naturaleza se representan a su vez en límites de primer nivel, límites de segundo nivel y algunos países como El Salvador y Honduras contribuyeron también con los límites de tercer nivel.

También se integró otros elementos geográficos, como los núcleos de población, que en el mapa se representaron en Núcleos de Población Principales y Núcleos de Población Menores, con el fin de que sean representados correctamente en las escalas que se definieron para el mapa y evitar así una saturación visual de elementos. Así mismo se representaron las áreas urbanas también conocidas como manchas urbanas, además también se incluyó las carreteras principales haciendo una clasificación de carreteras internacionales, carreteras primarias y caminos, siempre con el fin de que sean representados correctamente en la escala adecuada (Figura 2). De la misma forma se representó la hidrografía, que incluye dos capas geográficas, los cuerpos de agua y los ejes de los ríos principales. El mapa tiene como fondo la representación del relieve sombreado, conocido como *hillshades* o *Shaded Relief*, que se ha extraído del Modelo Digital de Elevación SRTM90, permitiendo agregar también la capa de Elevaciones que es representada por una rampa de color que permite diferenciar visualmente las diferentes alturas de la región. La combinación de estas dos capas permite al mapa tener un fondo adecuado para una visualización correcta de los elementos geográficos representados (Figura 3).

Fuente de datos de cada país

México

Los representantes del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), utilizaron la —Base Cartográfica a escala 1:250,000 del Proyecto Sistema Unificado de Información Nacional (SUNIL) del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

También utilizaron datos de la base Cartográfica a escala 1:50,000 realizada en 2009, con fotografía aérea año 2006. Información que fue obtenida mediante procesos de generalización cartográfica a partir del mapa base escala 1:50,000 cuyo origen de este último fue por métodos fotogramétricos.

Los archivos vectoriales de datos geográficos para la cartografía topográfica escala 1:250,000 están compuestos por elementos de planimetría y altimetría, y específicamente los datos usados para los talleres únicamente se trabajaron con datos de planimetría. Los datos de México se apegan a los estándares internacionales consistentes en que los datos representados deben cumplir la exactitud de .2mm por la escala del producto. Y las bases cartográficas de los datos fueron las siguientes:

Guatemala

Los representantes del Instituto Geográfico Nacional (IGN) utilizaron datos cuyo origen data de la cartografía digital obtenidos del Proyecto Sistema Unificado de Información Nacional (SUNIL) —que se generó en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en el año 2000, con la cooperación de varias instituciones del Gobierno de Guatemala. Dicho proyecto agrupó las capas de vías de comunicación, hidrografía, poblados, cabeceras municipales, límites departamentales y municipales, a una escala 1:250,000. Sin embargo habían transcurrido más de 10 años desde aquel proyecto hasta el año 2013, por lo que fue necesario hacer una actualización de la información, utilizando cartografía digital a escala 1:50,000 con fotografías aéreas del año 2006, para poder conformar el continuo de información con México, Belice, El Salvador y Honduras.

Belice

Los representantes del Centro de Información de Tierras (LIC) del Ministerio de Recursos Naturales y Agricultura (MNRA) de Belice contribuyeron con una data a una escala de 1:250,000 que también es producto de la generalización de una data original a escala 1:50,000.

El Salvador

Las representantes del Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (CNR), que es una dependencia del Centro Nacional de Registros, incluyeron para la elaboración de este mapa integrado, los datos vectoriales de El Salvador que fueron elaborados como parte del proceso de edición cartográfica, con restitución fotogramétrica del periodo 2004-2008, empleando el programa de Microstation y ArcGIS. Esta data es precisamente con la que se elaboró el Mapa Oficial de la República de El Salvador a escala 1:200,000 con fecha de creación del año 2005 y con revisión en el año 2006.

Honduras

En el caso de Honduras, la representante de la Dirección General de Catastro y Geografía del Instituto de la Propiedad (DGCG) utilizó los datos oficiales del país que son producto de una generalización de la cartografía básica en escala 1:50,000 y que fue elaborada a través de procesos fotogramétricos análogos por el antiguo Instituto Geográfico Nacional y que en el año 2000 fueron digitalizados; la capa de vías fue actualizada en el año 2010 por la Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda, mientras que la capa de mancha urbana también fue actualizada en el año 2010.

Nicaragua

El representante del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) proporcionó datos de Nicaragua que fueron elaborados en el marco de la actualización de la cartografía básica en el periodo comprendido entre los años 2000-2002, data que también se obtuvo de la generalización a 1:250,000 de la base cartográfica con la que se elaboró el mapa básico del país a escala 1:50,000 e imágenes del satélite Spot de 1998.

Costa Rica

Los representantes del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Costa Rica proporcionaron información cartográfica que data del año 1968, a escala 1:50000, la misma fue producida en forma analógica mediante el proceso de separación de colores; utilizando las técnicas de grabado en láminas de película estable (*scribe coat*) y a partir de mosaicos de compilación derivados de la restitución fotogramétrica análoga. Esta base cartográfica fue elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), Ministerio de Obras Públicas y Transportes, San José; y posteriormente fue generalizada a una escala de 1:200,000 y revisada en el año 1988. La proyección original es la Cónica Conforme de Lambert, utilizando el esferoide de Clarke de 1866 con el Datum terrestre "Fundamental de Ocotepaque". Las diferentes capas de información ríos, carreteras, etc., fueron digitalizadas en el 2006 y en el año del 2008 fueron reproyectadas al sistema de proyección CRTM05, que según el Decreto Ejecutivo N° 33797-MJ-MOPT del 30 de marzo de 2007 se convierte en el sistema de coordenadas oficial para la República de Costa Rica. Esta proyección es una adaptación de la proyección Transversal de Mercator adaptada para Costa Rica.

En el caso de la información de Límites Administrativos, la escala de digitalización fue 1:50,000 a la cual se le sobrepuso el borde del país a escala 1:200,000. Esta capa fue actualizada en noviembre del 2012. Las capa de poblados y de mancha urbana fue levantada a escala 1:50,000 y digitalizadas en los años 2010 y 2011 respectivamente.



Figura 2. Representación de las áreas o manchas urbanas con las principales vías, en la imagen se observa al país de El Salvador .



Figura 3. En la figura de puede observar el fondo del relieve sombreado, extraído del MDT SRTM90, que se utilizó como base para el Mapa Integrado de Centroamérica y Sur de México.

Panamá

El representante del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, proporcionó datos de la base cartográfica para la cual fue creado el Mapa General de la República de Panamá, con una escala digital de 1:250,000. Las capas de hidrografía, manchas urbanas, masas de agua y red vial datan del año 2007; la capa de poblados data del año 2010 mientras que las capas de Límites fue actualizado en abril 2013.



Figura 4. Resultado del Mapa Integrado de Centroamérica y Sur de México en producto digital listo para publicarse en el Geoportal de GeoSUR.

Resultados

1. Mapa de Integración de datos de Centroamérica y Sur de México y/o Mapa Mesoamericano, que reúne los elementos geográficos básicos de cada país: la parte sur de México, Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.
2. Publicación del mapa en un ambiente web, que permite realizar ajustes que se han considerado necesarios, como una extracción uniforme de elementos, para

evitar que unos países tengan una mayor saturación que otros en algunos elementos particulares como los núcleos de población o la hidrografía, además que también permite la integración de la red hidrográfica y de la misma forma la red vial.

Conclusiones

Se logró producir el mapa integrado de Centroamérica y sur de México, el cual ayudará a estudiar los fenómenos naturales en la región, localizando y orientando los fenómenos que se presenten. Además este mapa será útil para el planeamiento y la investigación urbano-regional ya que organiza la información espacial en una serie de capas básicas. Cada capa de información contiene datos con similares características y estructura gráfica entre los distintos países. Los datos de las diferentes capas comparten el mismo entorno geográfico, lo que permite la superposición de otro tipo de información de tipo raster y vectorial, para realizar análisis y otros estudios.

También puede tener aplicación para fomentar el turismo de la región ya que el mapa muestra las principales rutas de traslado entre los distintos lugares; y al encontrarse integradas esas rutas existe la posibilidad de realizar en forma sencilla el cálculo de distancias entre los lugares.

El mapa puede servir de base para plasmar los movimientos políticos, migratorios, económicos, las tendencias de los pueblos, la evolución, entre otros, con ello se puede entender cómo va evolucionando la población de esta región a través del tiempo.

Un logro intangible logrado a través de este proyecto fue la oportunidad de crear y fortalecer las relaciones entre distintos especialistas técnicos de la región, siendo este un paso crucial para alcanzar la cooperación, con fundamento técnico, entre las naciones, lo cual facilita la dinámica de compartir datos ante la ocurrencia de contingencias naturales o antrópicas o bien ante la implementación de programas de desarrollo regional.

Siguientes pasos

Es necesario seguir construyendo conjuntos de datos geoespaciales continuos y con estructuras similares para toda Centroamérica, por lo cual en el tercer taller, se definió que el siguiente paso será continuar armonizando y estructurando las siguientes capas temáticas regionales:

- Curvas de nivel
- Redes hidrográficas (para integrarlas y conectarlas) y
- Cuencas hidrográficas

Ya que uno de los usos más importantes del mapa regional es incorporar el uso de las herramientas SIG que permitan reducir los riesgos de desastres naturales ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, y el monitoreo de los ecosistemas locales y regionales ante la amenaza del cambio climático, con el fin de ayudarnos a preparar datos geoespaciales útiles para desarrollar modelos de monitoreo y de predicción para la región que den apoyo a los gobiernos en la implementación y desarrollo de programas de prevención o bien programas y acciones que busquen minimizar riesgos, vulnerabilidad, implementación de programas de desarrollo, fundamentado en el manejo integral de cuencas, particularmente ante los efectos del cambio climático y el deterioro del medio ambiente, en búsqueda de que la región para lograr el desarrollo sostenible.

**Participantes del “Taller de integración de datos y desarrollo de capacidades técnicas de América Central”
20 al 27 de abril, 2013, Sonsonate, El Salvador**

<i>País</i>	<i>Representante</i>	<i>Correo electrónico</i>	<i>Institución</i>
Belice	Caren Williams	plio@mnrei.gov.bz	Land Information Center
	Elam Torres	elamtortes@yahoo.com	
Costa Rica	Leonardo Salazar	plio@mnrei.gov.bz lsalazar@rnp.go.cr	Land Information Center Registro Nacional
	Eduardo Sáncho	leosalazar2010@gmail.com esancho@rnp.go.cr	IGN de Costa Rica Registro Nacional
	Emma Flores	eduardo.sancho@gmail.com dflores@cnr.gob.sv	Instituto Geográfico y Catastro Nacional
El Salvador	Blanca Isabel Gómez	bgomez@cnr.gob.sv isabeloso@yahoo.com	Instituto Geográfico y Catastro Nacional
	Francisco Benítez	fbenitez@cnr.gob.sv frankb.photos@gmail.com	Instituto Geografico y Catastro Nacional
	Jean Parcher	Jean_parcher@ios.doi.gov	Department of the Interior
EUA	Robert Lugo	rlugo@usgs.gov	United States Geological Survey
	Regina Menendez	regedu2004@gmail.com	IGN de Guatemala
Guatemala	Milton Núñez	xmasdos@gmail.com milton.nunez@ign.gob.gt	IGN de Guatemala
	Marcela Norori	marcela_norori@hotmail.com	Dirección General de Catastro y Geografía, Honduras
Honduras	Alex Martínez	Martinezalex776@gmail.com	Dirección General de Catastro y Geografía, Honduras
	Rogelio Mondragón	Rogelio.Mondragon@inegi.org.mx rogeliomb@yahoo.com	INEGI
México	Eufracio Zavala	Eufracio.Zavala@inegi.org.mx	INEGI
	Noel Ramírez	noel.ramirez@gc.ineter.gob.ni nramirezro@gmail.com	INETER
	José Pérez	josefpe2005@gmail.com francisco.perez@gc.ineter.gob.ni	INETER
Panamá	Carlos Morales	cmorales@anati.gob.pa carlosmorales822@gmail.com	IGN “Tommy Guardia”
	Elizabeth Samuels	esamuels@anati.gob.pa lilysamuels@gmail.com	IGN “Tommy Guardia”

Un diagnóstico de infraestructura geodésica en la región de Centroamérica y el Caribe

David Avalos Naranjo*
Carlos E. Figueroa+
Wilmer Medrano Silva△
Christopher Ballesteros□
Vinicio Robles Pereira○
Alvaro Alvarez Calderón●
Leopoldo Tavera Polanco▲
Oscar Meza■

Abstract

The document shows a summary of the existing geodetic infrastructure in 8 countries of Central America and the Caribbean. Through maps and tables it is offered updated concrete figures about the amount and location of the control networks in horizontal, vertical and gravimetric fields. The federal agencies in charge of establishing the national official reference frame explain the technical characteristics of their infrastructure at the time of describing their vision to progress for satisfaction of users like surveyors and high precision cartographers.

By analyzing the contents it has been identified a set of similarities and discrepancies in the degree of development of the infrastructure among countries. Currently the regional geodetic infrastructure has achieved an impulse enough to satisfy minimal operation requirements. As a coordinated group, the 8 agencies gather a significant set of control marks on the terrain and data bases in constant

- * Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- + Centro Nacional de Registros, El Salvador.
- △ Instituto Nacional de Estudios del Territorio, Nicaragua.
- Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, Panamá.
- Instituto Geográfico Nacional, Guatemala.
- Instituto Geográfico Nacional, Costa Rica.
- ▲ Instituto Cartográfico Militar, República Dominicana.
- Instituto de la Propiedad, Honduras.

improvement. From a perspective based in world-wide trends, it can be said that the infrastructure needed for future requirements is compromised due to symptomatic budget insufficiency, which in cases has driven to stop the progress in vertical and gravimetric branches. It is concluded making a recommendation to encourage the specialized training, from where the personnel in the geographic agencies can design custom projects of local extent, able to balance the progress in the three branches of geodetic control.

Key words: *geodesy, Central America, infrastructure, international cooperation.*

Resumen

El documento presenta un sumario de la infraestructura geodésica existente en ocho países de la región Centroamericana y del Caribe. A través de mapas y tablas se ofrecen cifras actualizadas concretas sobre cantidad y ubicación de las redes de control horizontal, vertical y gravimétrico. Las agencias federales encargadas de establecer el marco de referencia oficial nacional explican características técnicas de su infraestructura y describen su visión de avance para satisfacer a usuarios como topógrafos y generadores de cartografía de alta precisión.

Analizando los contenidos se identificaron similitudes y discrepancias en el grado de avance entre países. Hasta el momento la infraestructura geodésica regional ha logrado ser impulsada para satisfacer requerimientos mínimos de operación. Las agencias ostentan un conjunto significativo de marcas de referencia sobre el terreno y bases de datos en actualización constante. Visto esto desde una perspectiva de avance y tendencias mundiales, puede decirse que el cubrimiento de necesidades futuras está comprometido debido a insuficiencias presupuestales sintomáticas que en casos han llevado a detener el avance en el control vertical y gravimétrico. Se concluye haciendo una recomendación a incentivar la capacitación especializada, desde la cual el personal de las agencias geográficas podrá producir proyectos locales hechos a la medida para equilibrar los avances en las tres vertientes del control geodésico.

Palabras clave: *geodesia, Centroamérica, infraestructura, colaboración internacional.*

Introducción

Tablas de datos, mapas de ubicación, y textos de análisis son los elementos sustantivos de este diagnóstico de infraestructura geodésica. Con esto se ofrece al lector un apoyo para comprender los avances y planes de desarrollo en 8 países de la región Centroamericana y del Caribe.

La infraestructura geodésica, vista desde una administración federal, es el conjunto de datos y marcas físicas establecidas sobre un territorio nacional que aportan la georeferencia primaria desde la cual toda la información geográfica adquiere atributos de posición consistente. La característica de consistencia per-

mite evitar ambigüedades, disminuyendo la posibilidad de encontrar conflictos al combinar capas de información territorial que proviene de distintas fuentes. Esta infraestructura resulta indispensable en la construcción de mosaicos de modelos tanto de temas topográficos como referentes al medio ambiente y sociales de fines estadísticos.

A nivel nacional cada administración conviene en la adopción de estándares que funcionan al interior del país pero comúnmente son distintos de los adoptados en naciones colindantes. Esta falta de empate llega a impedir la compatibilidad de datos que es crítica en trabajos de interés binacional o regional. De aquí la relevancia de mantener abierta la comunicación interinstitucional impulsando el intercambio de información geodésica y la renovación tecnológica.

Con esta visión se inició el proyecto de cooperación técnica del IPGH llamado Monitoreo del geoide para México, Centroamérica y el Caribe, que consiste en la apertura de oportunidades de intercambio tecnológico orientadas a construir acuerdos de compatibilidad en infraestructura geodésica (Avalos, 2011). Aquí se presenta en gran parte los primeros resultados de este proyecto, organizando una considerable cantidad de información sobre el estado que guarda actualmente la infraestructura geodésica de ocho agencias geográficas nacionales de la región. Las representaciones nacionales que participaron corresponden al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México, Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Guatemala, Centro Nacional de Registros (CNR) de El Salvador, Instituto de la Propiedad (IP) de Honduras, Instituto Nacional de Estudios del Territorio (INETER) de Nicaragua, Instituto Geográfico Nacional (IGNCR) de Costa Rica, Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (IGNTG) de Panamá y al Instituto Cartográfico Militar (ICM) de República Dominicana. Estos institutos han sido representados por los ocho autores. De manera consistente a lo largo del documento se hará referencia a las ocho instituciones como las agencias.

Los contenidos se estructuran en tres secciones principales en las que se informa y discute la actual infraestructura geodésica por sus vertientes de control vertical, gravimétrico y horizontal. En cada sección se añade información aclaratoria sobre la orientación de programas de trabajo junto con una breve descripción del desarrollo esperado en el corto plazo.

Con esta aportación, las propias administraciones federales de la región encuentran ya datos útiles para crear un panorama con perspectiva imparcial sobre el grado de avance relativo. Adicionalmente se aportan elementos básicos de la tendencia de avance global que sirven de sustento a la obtención de conclusiones menos relativas. De esta manera se llega a mostrar que existe un desbalance en el apoyo al desarrollo de las tres vertientes de infraestructura geodésica. La vertiente horizontal es comúnmente priorizada ante limitantes presupuestales que en ocasiones llegan incluso a inhibir los avances en las vertientes gravimétrica y vertical.

Estas piezas de información pueden apoyar la toma de decisiones al facilitar la identificación de temas y zonas prioritarias de desarrollo regional. Solamente al procurar un balance entre las tres vertientes se abre la puerta a la implementación de aplicaciones modernas entre las que se encuentran técnicas geofísicas de prospección y el desarrollo de modelos geoidales precisos; éste último indispensable para el posicionamiento vertical por tecnología GNSS.

Infraestructura de referencia vertical

Desde mediados del siglo XX el sistema de alturas, junto con la técnica de medición de elevaciones que se aplican para establecer la referencia vertical de datos geográficos han sido elementos homogéneos en la región. Sin embargo, al hablar de los criterios de operación y de la visión a futuro sobre el control geodésico vertical, existen diferencias que a continuación se documentan.

Cada agencia hace corresponder sus redes de elevación a un punto de origen o dátum independiente. La Tabla 1 presenta el nombre del dátum que actualmente se aplica como punto de origen oficial (véanse las “Tablas de resumen sobre infraestructura geodésica”). Estos hacen referencia al nivel medio del mar registrados en épocas y mareógrafos específicos entre los cuales, hasta donde nuestro conocimiento alcanza, no se ha logrado generar algún estudio sistemático de discrepancias entre naciones.

Los valores de altura (H) asociados a cada monumento geodésico de estas redes provienen de un cálculo de acumulación de desniveles (ΔL). La ecuación de propagación de alturas utilizada se lee: la altura ortométrica de una marca numerada n es igual a la altura H_1 de la primera marca situada junto al mareógrafo que dictó el nivel medio del mar, más la suma de diferencias de altura ΔL_i medidas entre marcas consecutivas desde la primera hasta llegar a la marca n . Es decir:

$$H_n = H_1 + \sum_{i=1}^n \Delta L_i$$

La Figura 1 muestra la distribución espacial aproximada de sitios registrados con referencia vertical disponible en cada agencia nacional. Esta información gráfica se complementa con datos de la Tabla 1, donde en forma sintetizada se describe un panorama de los recursos tecnológicos y humanos con los que actualmente se mantiene el control geodésico vertical. Debe considerarse que las cifras plasmadas sobre cantidad de marcas en la columna de 1er., 2do. y 3er. orden son aproximaciones que pueden variar en relación a su constante actualización, la cual es motivada tanto por adhesión de nuevos bancos de nivel establecidos como por la detección de marcas desaparecidas. Algunos programas de trabajo de inventariado en campo permiten producir dicha actualización.

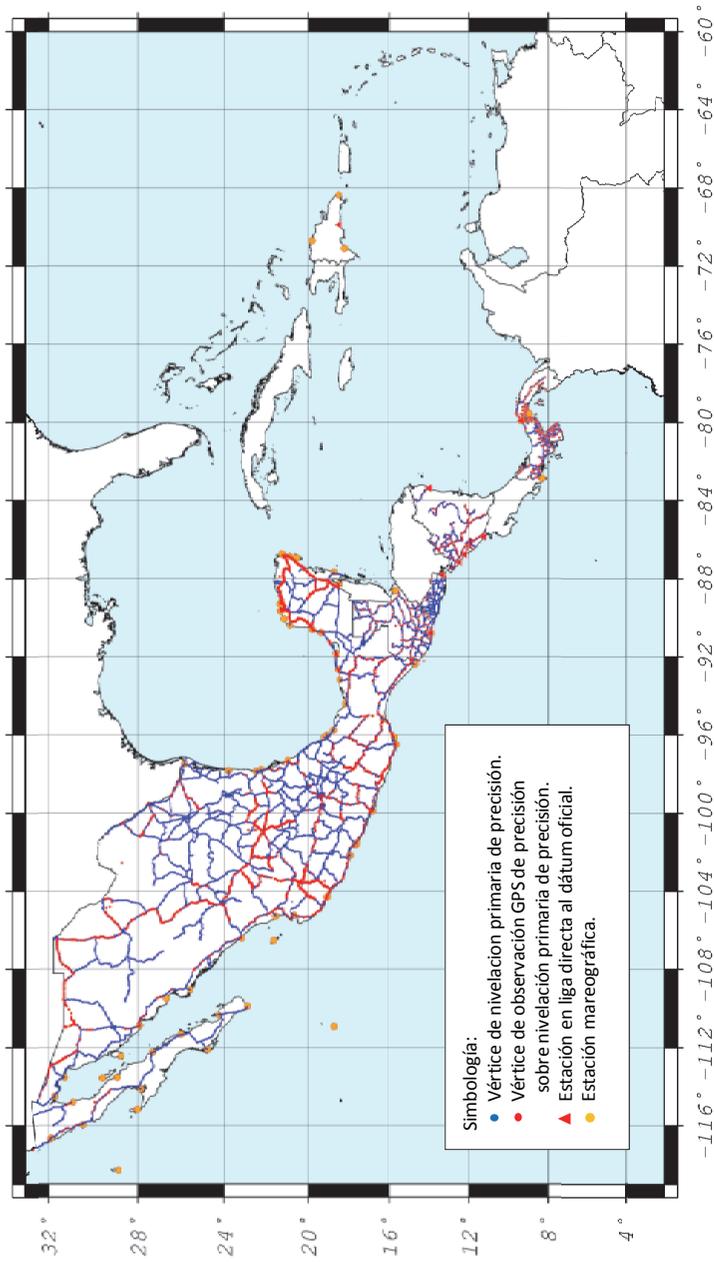


Figura 1. Distribución espacial aproximada de las redes de control vertical administradas por agencias federales de información geográfica en la región Centroamericana y el Caribe.

Puede notarse en la Tabla 1 que los mareógrafos locales son considerados como parte de la infraestructura geodésica en las agencias, a pesar de que se encuentran administrados por distintos organismos. Actualmente una baja cantidad de mareógrafos en la región son mantenidos en programas de operación continua, indispensables para monitorear el nivel del mar en relación con el dátum vertical. Diversos estudios (*e.g.* IPCC, 2007; Church y White, 2006; Peltier, 2001) han mostrado que el nivel medio del mar es una referencia que experimenta cambios de magnitud variable en cualquier costa. De estos estudios se concluye que existe una tendencia promedio de aumento global cercana a los 2 milímetros por año. Debe considerarse que el establecimiento de redes de control vertical sistematizado a nivel nacional se inició de manera paralela por las agencias entre las décadas de los años cuarenta y sesenta. De forma que tras una acumulación de 50 años sobre la fecha de establecimiento de un nivel medio del mar es de esperarse que el cambio de nivel pueda ser medido incluso en decímetros. Esto es significativo si se compara con rangos de error tolerable establecidos por metodología en las propias agencias que forman parte de este estudio.

Acoplamiento con la tecnología GNSS

Actualmente la técnica de nivelación geodésica continúa considerándose como la herramienta indispensable en mantenimiento y propagación de estas redes; sin embargo es aceptado que alternativamente aplicaciones como la geo-referencia catastral derive sus registros de elevación a partir de tecnología de sistemas satelitales de navegación global (GNSS). En todas las agencias el método utilizado consta de la aplicación de un modelo de alturas geoidales (N) para transformar en alturas ortométricas (H) los datos de altura geodésica (h) obtenidos por GNSS, como se describe en la ecuación siguiente.

$$H = h - N$$

El nombre del modelo geoidal recomendado de forma independiente por cada agencia se especifica en la Tabla 1.

Información específica por agencia

En esta sección presentamos información aclaratoria que permite al lector comprender el estado actual de programas de trabajo y proyectos que inciden sobre las redes de referencia vertical.

Panamá

El IGNTG mantiene actividades de actualización y normalización de la base de datos de control geodésico vertical. En los próximos años se espera que las operaciones de nivelación continúen efectuando recuperación de líneas antiguas y densificando la red de control vertical. Los mareógrafos que se utilizaron para generar el Dátum Cristóbal no existen en la actualidad; sin embargo la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), mantiene en funcionamiento dos mareógrafos que podrían ser utilizados para estimar cambios regionales en el nivel del mar. Ya se han realizado estudios para efecto de ubicar nuevas estaciones mareográficas que permitan determinar la relación entre dátum altimétrico, dátum hidrográfico y línea de costa en diversas zonas litorales. Esto apoyará los trabajos futuros de liga con marcos verticales de países vecinos.

Nicaragua

Actualmente en el INETER se revisan y modernizan los registros de control geodésico vertical para incrementar la oportunidad de respuesta en atención de usuarios. Con respecto al dátum Corinto, éste es una realización compuesta del nivel medio del mar observado en tres mareógrafos: Corinto, San Juan del Sur y Puerto Sandino. El NMM de los registros hechos entre las décadas de los cincuenta y sesenta fue tomado como restricción en los tres puntos para generar los valores de altura desde el océano Pacífico. En la costa del Atlántico se designó al mareógrafo de Puerto Cabezas como referencia para una red independiente y de menor extensión que da servicio a la región noreste de Nicaragua.

México

El dátum NAVD88 está asociado a un sólo mareógrafo en Rimousky, Canadá. Las alturas propagadas en México desde ese dátum contienen correcciones gravimétricas calculadas con la aproximación de Helmert. Actualmente en el INEGI se avanza en la determinación de alturas asociadas a ese dátum para el 100% de marcas de la red geodésica vertical de primer orden. En paralelo se produce y mejora el modelo nacional de alturas geoidales para dar soporte a usuarios de GNSS.

El Salvador

El CNR desde el año 2004 mantiene un programa constante de actualización, mantenimiento y densificación de la red de nivelación de Primero y Segundo Orden de todo el país, basado en el Datum de La Unión de 1960. Se mantiene vinculada la red a dos mareógrafos establecidos en los principales puertos del país. Recientemente se han reemplazado los equipos de nivelación analógicos por niveles geodésicos electrónicos de alta precisión y se ha iniciado la recuperación de la red de

puntos de nivelación que contaban con datos de gravimetría, así como la red de Tercer Orden.

Sobre la tendencia regional y global

Es un hecho que en redes de nivelación de corta y mediana extensión, como son áreas metropolitanas o municipales, la precisión relativa alcanzable es insuperable para otras técnicas de posicionamiento. Por lo anterior, nivelación continúa siendo la herramienta predilecta en aplicaciones como control geodésico y monitoreo de movimientos verticales del terreno. No obstante, la alternativa de posicionamiento vertical mediante GNSS ha logrado, por su bajo costo, absorber una gama de aplicaciones cada vez más amplia entre las que se enlista la producción de modelos digitales del terreno, georeferencia para objetos y registros catastrales, así como el apoyo al posicionamiento de imágenes de percepción remota (*e.g.* Gibbons Media y Research LLC, 2013).

En años recientes los algoritmos de procesamiento de señales GNSS mejoraron el nivel de precisión de posicionamiento (Hirt *et al.*, 2011), al grado de implementar con éxito metodologías de posicionamiento GPS en el establecimiento de desniveles útiles en ciertos casos de transporte de fluidos por ductos. El bajo costo de esta técnica, aunado al reciente aumento de exactitud en los modelos de altura geoidal ha hecho viable incluso la alternativa de conceptuar a los modelos geoidales como dátum de alturas oficiales. Ejemplos de esto se encuentran en Nueva Zelanda y Canadá (*e.g.* Amos, 2010; Huang). Agencias geodésicas de otros países en el mundo fortalecen sus programas para incrementar la exactitud de sus modelos geoidales rumbo a la adopción de esa superficie como dátum de alturas y como apoyo en nuevas aplicaciones como el modelado de inundaciones.

Discusión

Haciendo un análisis exploratorio de la información de la Tabla 1, puede verse que el promedio de territorio asignado a cubrir por cada brigada de nivelación es cercano a 56,000km². De este promedio sobresalen los casos Guatemala y Honduras, con más de 100,000km² a cubrir por brigada y por el contrario, El Salvador con cerca de 7,000km² por brigada, cifra que lo convierte en el país relativamente mejor habilitado de la región.

La información anterior se complementa con las columnas de *proyectos* y *presupuesto* de la Tabla 1, que dejan ver como en las agencias de Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá se ha llegado a detener la actividad de densificación de la red de control vertical nacional. No obstante, de forma unánime entre las agencias se reconoce que la reactivación de esta actividad coadyuvaría significativamente al impulso de nuevas tecnologías en la generación de información topográfica de calidad homogénea en cada territorio nacional. Luego de una

discusión entre los autores, desde nuestra perspectiva el principal problema detectado que dificulta desarrollar la actividad, es la limitación en financiamiento que impide adquirir equipo como equialtímetros y miras geodésicos acordes con la actualidad tecnológica. Otro problema relevante como la falta de oportunidades para actualizar la capacitación en metodologías de levantamiento y tratamiento de los datos puede mitigarse al tomar ventaja de las relaciones interinstitucionales existentes.

En cuanto a la definición del dátum oficial es importante resaltar que la adopción de un nivel medio del mar ha permitido a cada agencia ofrecer una referencia consistente al interior de su país. Este nivel de referencia se ha mantenido inmóvil desde su creación hace 50 años o más mientras la red de nivelación continúa incrementando su cobertura o densidad. No obstante es reconocido que la elevada actividad sísmica asociada con movimientos del terreno es característica en la región, lo que genera incertidumbre sobre la actual correspondencia de las alturas con el nivel del mar y el efecto de tales movimientos en la distorsión de las redes con el paso del tiempo. Adicionalmente, el efecto del desnivel entre los océanos del Pacífico y el Caribe aún no ha sido evaluado como factor incidente de distorsión en las redes de nivelación que fueron restringidas al nivel medio de ambos lados del continente.

La diversidad de dátum verticales en la región produce una esperada discrepancia en los valores de elevación para marcas geodésicas comunes entre países vecinos. Causas comunes de estas diferencias son: a) la diferencia en las épocas de datos tomados para determinar el nivel medio del mar; b) la diferencia no medida entre la superficie topográfica marina, que es la suma de efectos por elementos ambientales como: temperaturas promedio, dirección de viento predominante, presión atmosférica, corriente marina y descarga de ríos entre muchos otros (*e.g.* Foreman *et al.*, 2008; Pagiatakis, 2009); y c) distorsiones independientes que se derivan de errores sistemáticos en desniveles de la red como la posible falta de correcciones ortométricas o correcciones por refracción residual entre otras. La determinación de estas cantidades queda fuera del propósito en este documento; sin embargo se enumeran como puntos que se recomienda abordar en futuros trabajos de confrontación de sistemas de alturas entre países vecinos.

Alternativas consideradas en años recientes para habilitar la compatibilidad de datos de altura a nivel interinstitucional son: la adopción de un dátum regional basado en superficies gravimétricas como el geoide o el cuasi geoide, y la adopción de un sistema de alturas dinámicas realizado exclusivamente por mediciones gravimétricas sobre una red continental de bancos de nivel. Estas opciones son compatibles y pueden ser coincidentes mediante la determinación de un valor de potencial gravimétrico estándar (W_0).

Por lo anterior, las agencias de la región de Centroamérica y el Caribe consideran ya estas tendencias para apoyar esfuerzos dirigidos a la determinación de una referencia vertical común. Además de haber identificado el impulso que se puede dar en la infraestructura geodésica y el desarrollo nacional asociado, se reconoce la utilidad de las referencias gravimétricas como apoyo en áreas de geofísica y modelado de inundaciones.

Infraestructura de referencia gravimétrica

Al tiempo de edición de este reporte, las agencias de la región manejan políticas heterogéneas con respecto a la prioridad de generar datos de gravimetría. Esto depende primordialmente del uso o aplicación en programas de trabajo gubernamentales que marcan como requisito la disponibilidad de esta fuente. Aquí se reporta que una casi generalizada carencia de gravímetros en resguardo o en propiedad de las agencias ha sido factor para mantener deshabilitada la actividad de monitoreo del campo de gravedad. En la mayor parte de los países en la región existen bases de datos con gravimetría de levantamientos antiguos, mayormente obtenida por agencias y universidades extranjeras. El Inter-American Geodetic Survey de los Estados Unidos generó datos durante las décadas de los sesentas a ochentas con motivo de producir la Red Internacional de Estandarización de la Gravedad de 1971 (IGSN71) y posteriormente para la Red Latinoamericana de Gravedad de 1977 (RELANG77). En países como Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua esta información solo ha sido complementada con un conjunto de mediciones con gravímetro absoluto llevadas a cabo por el National Geodetic Survey (NGS) de los Estados Unidos durante 1996 y en 2001.

Con respecto al dátum gravimétrico, las agencias cuentan con bancos de datos en que los levantamientos de gravimetría relativa fueron asociados a referencias como las redes IGSN71, RELANG77, sitios con gravedad absoluta medida y algunos sin referencia documentada. Para facilitar la comprensión de estos datos, se muestra la Tabla 2 con un resumen de actividad reportada por las agencias (véanse las “Tablas de resumen sobre infraestructura geodésica”). Se advierte que las cifras plasmadas en la columna de información antigua y reciente son aproximadas y podrían variar en relación a procesos actuales de depuración de datos o a recuperación de puntos levantados por fuentes externas. Adicionalmente, la Figura 2 muestra la distribución espacial aproximada de los 81,999 sitios registrados.

Adicional a lo anterior han existido levantamientos por cuenta de instituciones educativas que han decidido colaborar con el Buró Gravimétrico Internacional (BGI). Un total de 18,227 puntos gravimétricos en resguardo del BGI correspondientes a los 8 países se agregaron en el mapa de la Figura 2.

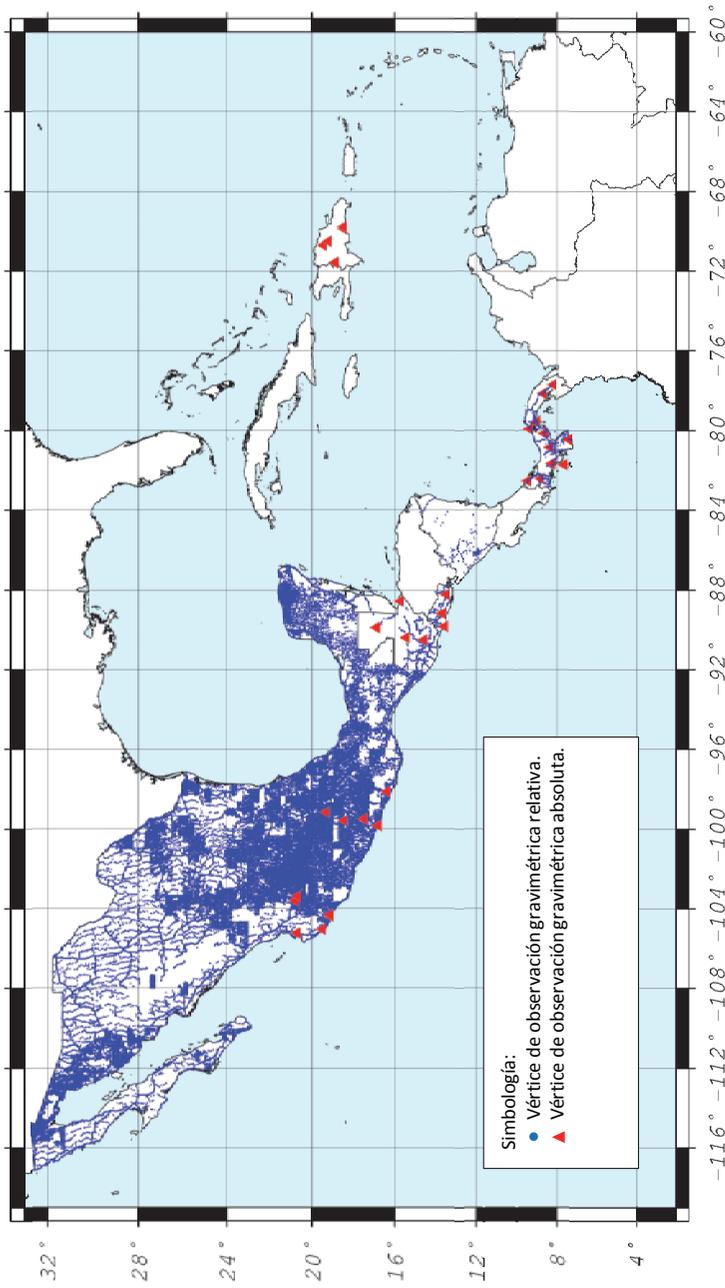


Figura 2. Distribución espacial aproximada de las redes gravimétricas administradas por agencias federales de información geográfica en la región Centroamericana y el Caribe.

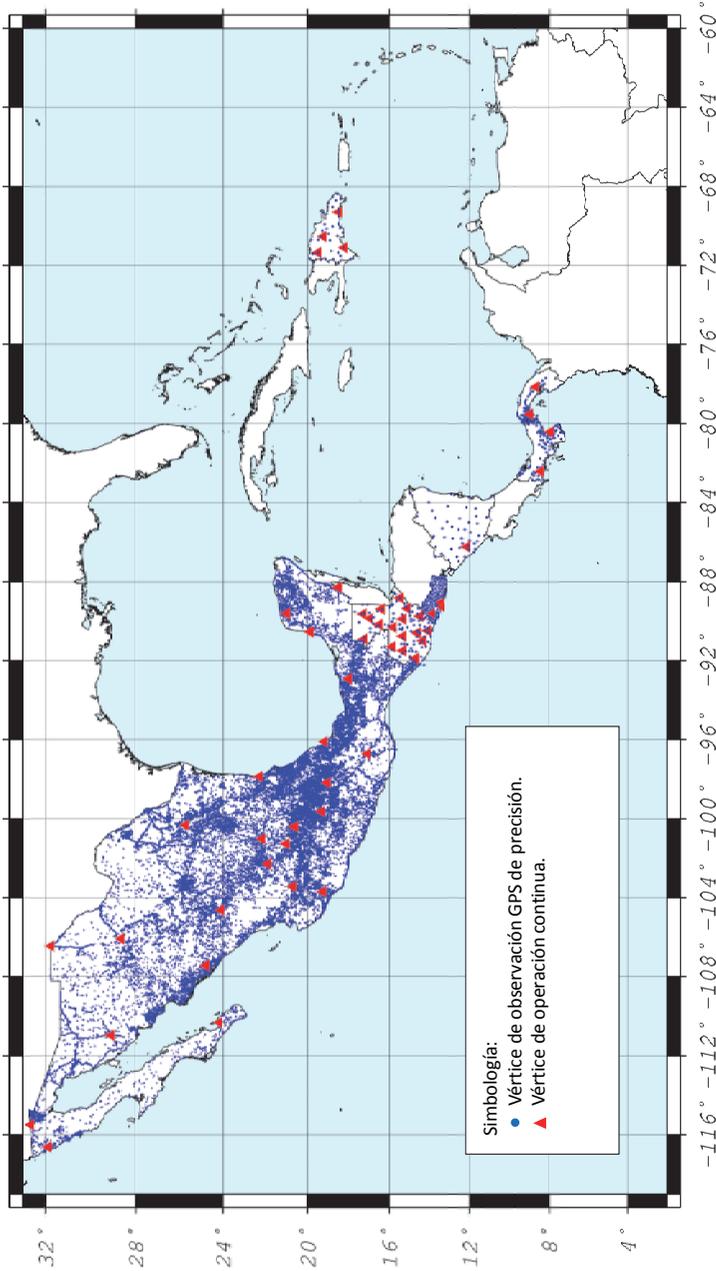


Figura 3. Distribución espacial aproximada de las redes de control horizontal administradas por agencias federales de información geográfica en la región Centroamericana y el Caribe.

Fuentes alternas

La Tabla 2 indica casos en los que se tiene certeza de que organizaciones externas a las propias agencias sostienen actividades de gravimetría. Entre estas organizaciones se encuentran universidades, compañías petroleras y servicios privados de prospección geofísica. Dichas fuentes son reconocidas aunque se aclara que una cantidad mínima o nula de esos datos ha sido puesta a disposición de las agencias.

Información específica por institución geográfica

A continuación se presenta información particular por agencia que ayuda a identificar la situación y perspectiva de avances por cada una.

Panamá

La información gravimétrica en el IGN se administra en tres redes: red regional, red auxiliar y subbase nacional. Estas se encuentran referidas a la Red Latinoamericana de Gravedad de 1977 (RELANG77), que a su vez está referida a puntos de la IGSN71. Los programas recientes de gravimetría han sido dirigidos a cubrir bancos de nivel. El nivel de precisión de las redes nacionales es actualmente indeterminado. Doce sitios de gravedad absoluta en el país fueron generados por el Instituto Nacional de Investigación Metroológica y el Centro Nacional de Metrología. Se espera avanzar en la recuperación y limpieza de los datos que servirán de base para tomar decisiones sobre futuros levantamientos.

El Salvador

En años recientes se han logrado avances concretos rumbo al establecimiento de un programa de levantamientos gravimétricos. En asociación con el National Geospatial Intelligence Agency de los Estados Unidos de América, el CNR mantiene actualmente un programa de levantamientos para la generación de una red densificada que apoyará tanto a la mejora de la red de control vertical como a futuros procesos de determinación del campo de gravedad. Se produjo la recuperación de los Bancos de Marca con datos de gravedad asociados que servirán de referencia para densificar en forma prioritaria la zona norte del país.

México

La información gravimétrica en el INEGI se administra en dos redes: red de estaciones base y red de densificación. Por norma éstas se encuentran referidas a la red IGSN71 y se estima que cuentan con un nivel de precisión de 0.02 y 0.05mGal respectivamente. Desde 1981 se ha mantenido en operación ininterrumpida el programa de densificación gravimétrica y se espera continuar incrementando su cubrimiento hasta lograr homogeneizar la densidad de mediciones en el territorio

nacional. El avance actual en cubrimiento corresponde aproximadamente a 50% del territorio nacional, adicionalmente se realizan levantamientos sobre bancos de nivel para facilitar la derivación de correcciones ortométricas. Se cuenta con información de ocho sitios observados con gravímetros absolutos electrónicos por parte del NGS en 1996. Se espera que estos sitios formen parte de la red fundamental y luego sirvan como referencia en estudios de exactitud regional de las redes principales.

Nicaragua

Los 52 vértices referidos en la Tabla 2 fueron establecidos con gravímetros relativos tomando como única referencia un vértice antiguo nombrado BM-C-B. Este vértice a su vez fue medido con un gravímetro absoluto de péndulo por parte del IAGS.

Los valores de aceleración de gravedad (g) asociados a cada sitio de observación de las redes gravimétricas provienen en su mayoría de levantamientos con gravímetros relativos. Las mediciones obtenidas de diferencias de gravedad (Δg) incluyen generalmente correcciones tanto por factores de escala de los gravímetros como por el efecto de marea. La ecuación utilizada en la región para propagación de valores de gravedad se lee:

$$g_n = g_1 + \sum_{i=1}^M \Delta g_i ,$$

la aceleración de gravedad de una marca numerada n es igual al valor g_1 de la marca de partida que pertenece al marco de referencia nacional, más la suma de diferencias de gravedad Δg_i medidas entre marcas consecutivas desde la primera hasta llegar a la marca n . Los valores Δg definitivos de cada levantamiento son generalmente derivados de un proceso de ajuste en gabinete.

Tendencias regionales y globales

Cabe apuntar que durante las últimas dos décadas los resultados de misiones satelitales con propósitos científicos han dejado un legado de mediciones cada vez más exacto sobre el campo de gravedad en cubrimiento global (ver por ejemplo las misiones CHAMPS, GRACE y GOCE). El estado del arte lo dictan ahora modelos geopotenciales globales como el llamado DIR3-GOCE, que hasta una resolución cercana a los 50km logra representar fielmente el campo de gravedad.

Para fines de control geodésico ésta información tiene la ventaja de ser insesgada pero su relativamente baja resolución impide lograr exactitud en aplicaciones de alcance local. Añadiendo levantamientos de densificación por gravimetría terrestre puede lograrse una combinación que toma la exactitud global de los datos satelitales

más la alta resolución de los levantamientos sobre la topografía. Para el caso de áreas con carencia de datos terrestres aún se aplican técnicas de interpolación por análisis de modelos digitales de elevación; sin embargo es bien conocido que al comparar los resultados contra modelos gravimétricos basados en densificación apropiada las faltas de exactitud son significativas.

De la información en la Tabla 2 puede notarse que la producción gravimétrica en gran parte de la región se encuentra detenida por insuficiencia presupuestal que inhibe la generación de proyectos. Esta es una situación que se procura revertir mediante apertura de comunicación interinstitucional que promueva la coordinación de esfuerzos. El Primer Taller Internacional de Monitoreo del Geoida para México, Centroamérica y el Caribe, que se llevó a cabo en septiembre de 2011 en Aguascalientes, México, representó el inicio del impulso a esta coordinación. Entre los logros obtenidos se cuenta la compartición de conocimientos en tratamiento de datos gravimétricos, el establecimiento de estándares estructurales para generar bases de datos, intercambio de reportes de avance y apoyo para producir metodologías de levantamientos (Avalos, 2011). Los resultados de este acercamiento demostraron la eficacia de esta estrategia. Actualmente esta comunicación continúa abierta con la ejecución de reuniones a distancia y nuevos talleres entre representantes de las agencias (Avalos, 2013).

Discusión

Grandes retos se detectaron al impulsar la comunicación interinstitucional. Cinco de las representaciones nacionales incluidas en este reporte cuentan con infraestructura gravimétrica en un estado de desarrollo frenado. Esto se atribuye primordialmente a una prolongada prevalencia de insuficiencia presupuestal, aunada con escasez de oportunidades para la capacitación. Este hecho se refleja en la información en las cuatro últimas columnas de la Tabla 2. No obstante, en referencias como la del párrafo anterior es notable que aún en esta situación la comunicación interinstitucional puede generar avances concretos. De ser alentado y expandido este tipo de colaboración, es probable que objetivos ambiciosos como la unificación regional de dátum gravimétrico y vertical sean alcanzados para evitar que la infraestructura geodésica instalada se convierta en un impedimento del desarrollo tecnológico en otros campos.

En cuanto al aspecto de monitoreo de cambios temporales en el campo de gravedad, es declarado que los programas de trabajo aún no contemplan este aspecto; sin embargo es recomendado que los proyectos futuros lo consideren. La región se caracteriza por alta actividad tectónica, lo que presupone la existencia de cambios significativos, capaces de afectar la precisión de los resultados en una red de precisión. Esfuerzos como el iniciado por el NGS en 1996, instalando vértices de grave-

dad absoluta en varios países, son útiles sólo si se alienta su continuación para obtener re-observaciones cada cierto número de años. Otras técnicas de monitoreo basadas en observaciones relativas son susceptibles de análisis para su eventual implementación como parte complementaria de objetivos como la densificación gravimétrica (*e.g.* Pagiatakis, 2003).

Infraestructura de referencia horizontal

En la actualidad la tecnología GNSS representa la principal herramienta utilizada para construir marcos de referencia en la región. Dado que este hecho se encuentra ampliamente documentado por la acción de programas como SIRGAS (véase por ejemplo: Drewes *et al.*, 2002; Seemuller *et al.* y 2008; Brunini *et al.*, 2012), esta vertiente se aborda en forma breve. La atención aquí se centra en introducir la información de la Tabla 3, que ayuda a dar descripción general de la capacidad instalada y las perspectivas de crecimiento que se considera complementario a la documentación existente (véase Tabla 3 en “Tablas de resumen sobre infraestructura geodésica”).

Información específica por agencia

A continuación información aclaratoria sobre los programas de trabajo y proyectos que inciden sobre las redes de referencia horizontal.

Panamá

En la actualidad existen cuatro CORS activas y se tienen 15 instaladas recientemente que se espera entren a fase de operación. Las redes horizontales están en un periodo de actualización de ITRF97 a ITRF08. Existe un proyecto de inversión para aumentar la cantidad de equipo receptor GNSS en soporte del mantenimiento de la red horizontal.

Nicaragua

Hasta 1983 se logró establecer un total de 677 vértices de referencia pasivos. En 1996 se crearon 52 estaciones adicionales. Actualmente se efectúan esfuerzos para identificar las marcas existentes.

México

La Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) del INEGI mantiene en operación 26 estaciones fijas en México, aunque adicionalmente procesa información de ocho estaciones extranjeras para producir coordenadas de referencia IGS que son utiliza-

das en el marco de referencia SIRGAS. El marco de referencia vigente está materializado por coordenadas obtenidas de procesamiento fiducial de cada estación. A partir de procedimientos estándar aprobados por el IGS se determinaron coordenadas basadas en soluciones diarias y en series de tiempo para proveer vectores de velocidad local. Simultáneamente el INEGI coordina esfuerzos con agencias estadounidenses y canadienses para el establecimiento del Marco de Referencia Norteamericano (NAREF). México cuenta también con un número indeterminado de estaciones operadas en iniciativa privada que son utilizadas para control geodésico de proyectos locales independientes.

El Salvador

Desde que se iniciaron las primeras mediciones de Redes Geodésicas Horizontales se logró establecer y mantener una red de aproximadamente 1,500 vértices geodésicos de primero y segundo orden en todo el país. Con la implementación de la tecnología GNSS en 1998 se diseñó una nueva red geodésica básica nacional de 16 puntos, la cual ha sido sustituida en el 2007 con una nueva red geodésica básica de 38 vértices que ha permitido realizar los cálculos para la implementación de un nuevo Sistema de Referencia Geocéntrico basado en SIRGAS y denominado SIRGAS_ES2007 al cual están vinculados un aproximado de 1,600 vértices geodésicos pasivos medidos en los últimos años y a los cuales se les da un mantenimiento constante. Se tiene previsto la instalación de tres o más estaciones de operación continua en poco tiempo.

Discusión

El uso de tecnología GNSS es claramente la alternativa estándar en la región como herramienta para el establecimiento de puntos de control; sin embargo los conceptos manejados para procesar la estructura de una red pueden diferir entre representaciones.

Analizando la información de la Tabla 3, puede decirse que la infraestructura administrada por las agencias acumula 43 estaciones de operación continua y cerca de 90,000 vértices de referencia pasivos. A pesar de que en la región se utilizan cuatro marcos de referencia distintos, solamente en Honduras y Nicaragua se da mantenimiento en forma oficial al marco NAD27 considerado incompatible con los demás, que son de dátum geocéntrico y con capacidad de dar soporte a aplicaciones con exactitud superior.

De la información sobre cantidad de equipos receptores y personal capacitado para operarlos cabe observar que en Guatemala y Honduras, por el gran territorio en su responsabilidad y su expansión urbana, la capacidad relativa es inferior, denotándose como áreas de oportunidad prioritarias.

Tablas de resumen sobre infraestructura geodésica

A continuación se presentan tres tablas que sintetizan una cantidad considerable de información con respecto a la infraestructura geodésica existente en la región. Con motivo de apoyar al lector en la interpretación de estos datos, se enlistan las siguientes consideraciones:

- a) Las cantidades plasmadas corresponden a infraestructura bajo la administración de las agencias. Es probable que las cifras varíen en corto plazo debido a que los programas de trabajo aumentan las bases de datos mientras que algunas marcas físicas en el terreno pueden llegar a ser destruidas.
- b) Las columnas de información antigua/reciente hacen referencia a productos realizados con metodología, dispositivos o programas de trabajo fundamentalmente distintos. Esa separación advierte cambios relevantes que han marcado una época.
- c) Los campos sin información se marcan con un símbolo “-”, que significa ausencia de datos o no aplicabilidad del campo según los programas de trabajo existentes.
- d) Las dos columnas finales muestran el tipo de requerimientos que puede producir una aceleración en el quehacer geodésico de cada agencia. Se sugiere que los objetivos de acuerdos interinstitucionales apunten a mitigar los obstáculos mencionados.

Conclusiones

Se ha presentado un recuento global de la infraestructura geodésica que a nivel federal se oferta como sustento al desarrollo dentro de la región de Centroamérica y el Caribe. Un total de ocho instituciones responsables del manejo de información geográfica nacional lograron concentrar su información para fines de valorar avances y facilitar la identificación de prioridades sobre el desarrollo esperado en corto y mediano plazos. Las representaciones que participaron corresponden a México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y República Dominicana.

La infraestructura geodésica de control geodésico vertical en la región se compone de más de 34,000 bancos de nivel de primer orden, organizados en redes de cobertura nacional. Se presentaron también cifras sobre redes de segundo y tercer orden que apoyan a aplicaciones como la construcción de modelos digitales de elevación del terreno. Actualmente y en el corto plazo los programas de trabajo apuntan a reconstruir y/o densificar la red de líneas de nivelación. Se informó también la actual carencia de programas dirigidos a monitorear movimientos verticales de la corteza terrestre que influyen en la exactitud de las redes nacionales.

Tabla 1
Infraestructura geodésica de referencia vertical

<i>País</i>	<i>Época de los levantamientos</i>	<i>1er. Orden</i>	<i>2do. Orden</i>	<i>3er. Orden</i>	<i>Mareógrafos</i>	<i>Datum</i>	<i>Personal / brigadas</i>	<i>Proyectos</i>	<i>Presupuesto</i>	<i>Necesidades de capacitación</i>	<i>Principales obstáculos</i>	
<i>Arriaga</i>	<i>Reciente</i>											
México	1949-2001	2002-2011	26,931 BN	-	17,620 BN	15 Nuevos 35 antiguos	NA VD88 GGM10	212 / 40	Re- construcción	Si	-	Renovación de equipo
Guatemala	1950-1980	1995	-	-	-	2 antiguos	San José	5 / 1	Recuperación	-	Levantamientos, procesamiento	Personal y equipo
El Salvador	-	2011	58 Líneas 1600 BN	35 Líneas 750 BN	73 Líneas 850 BN	2	La Unión 1960	16 / 3	Densificación	Si	Actualización de conocimientos	Capacitación
Honduras	1950-1990	2011	2,000 BN	-	-	3 Antiguos	Puerto Cortéz	5 / 1	Densificación	-	Actualización de conocimientos	Personal, equipo y capacitación
Nicaragua	1950-1980	2000	1820 BN	361 BN recientes	-	4 Antiguos	Comito 1952 EGM96	10 / 2	-	-	Actualización de conocimientos	Renovación de equipo
Costa Rica	1948	-	1615 BN	718 BN	561 BN, más 3748 sin orden asociado	3 antiguos	Puntarenas	4 / 1	-	-	Actualización de conocimientos	Equipo, capacitación y personal
Panamá	1949-1990	2000	29 Líneas 709 BN	94 Líneas 2156 BN	-	2 antiguos	Cristóbal	5 / 1	Re- construcción	Si	Actualización de conocimientos	Equipo, capacitación y personal
República Dominicana	1945-1990	2011	43 BN	-	-	6 Antiguos	Santo Domingo	8 / 2	Recuperación	Si	-	Equipo

Tabla 2
Infraestructura de referencia del campo de gravedad

País	Época de la información existente		Datum	Equipamiento (gravímetros)	Estaciones absolutas	Personal entrenado	Proyectos	Presupuesto	Necesidades de capacitación
	Antigua	Reciente							
México	1960-2001	2011	IGSN71	8	14	26	densificación	Si	-
Guatemala	1960	2001	No determinado	-	4	-	-	-	Levantamientos, procesamiento, redes
El Salvador	1975, 1985	2001	IGSN71	1	5	-	densificación	-	Procesamiento y redes
Honduras	1960	2001	No determinado	-	4	-	-	-	Levantamientos, procesamiento, redes
Nicaragua	1950-1977	-	IGSN71	-	4	2	-	-	Actualización de conocimientos
Costa Rica	1960-1980 2388 puntos	-	No determinado	-	-	-	nivelación	Si	Actualización de conocimientos
Panamá	1960, 1977, 1985	2005	RELANG77	1	12	4	nivelación	Si	Actualización de conocimientos
República Dominicana	1986	-	No determinado	-	-	1	densificación	Si	Actualización de conocimientos

Tabla 3
Infraestructura de referencia horizontal

País	Información de referencia		Estaciones		Sistema de referencia	Accesibilidad de datos	Equipo (L/IL2)	Personal /brigadas	Proyectos	Presupuesto	Necesidades de capacitación	Principales obstáculos
	Antigua triangulación	Reciente	Conitintas	Pasivas								
México	Red de triangulación	Red GPS	24	77,439	ITRF08	Libre	115	146 / 70	Apoyo a imágenes	Si	-	Renovación de equipo
Guatemala	Red de triangulación	Red GPS	17	160	WGS84	Con costo	8	5 / 1	Activo	Si	Actualización de conocimientos	Personal, financiamiento y vehículos
El Salvador	Red de triangulación	Red GPS	1 (no opera)	1,600	NAD27 y SIRGAS-ES	Con costo	9	25 / 9	Activo	Si	Actualización de conocimientos	Financiamiento, vehículos y CORS
Honduras	Red de triangulación	Red GPS	4 (no opera)	220	NAD27	Libre	10	5 / 2	Activo	-	Actualización de conocimientos	Renovación de equipo, capacitación, vehículos
Nicaragua	Red de triangulación	Red GPS 1996	1	729	NAD27 y WGS84	Libre	7	10 / 5	-	-	Actualización de conocimientos	Renovación de equipo
Costa Rica	Red de triangulación	Red GPS	8	491	CR05 (WGS84)	Libre	6	6 / 2	Activo	Si	Actualización de conocimientos	Personal, equipo, software y capacitación
Panamá	Red de triangulación	Red GPS	4	160	WGS84 cambio a ITRF08	Libre	5	10 / 5	Activo	Si	Actualización de conocimientos	Personal, renovación de equipo, un vehículo
República Dominicana	Red de triangulación	Red GPS	4	50	WGS85	Libre	3	10 / 3	Activo	Si	Actualización de conocimientos	-

La infraestructura geodésica de control gravimétrico se compone de redes independientes entre países; aunque en los casos de México, El Salvador y Panamá existe una relación cercana por referirse a dátum compatibles como son IGSN71 y RELANG77. Tres de las ocho representaciones mantienen en operación programas de levantamientos que están dirigidos a reforzar el control geodésico vertical mediante procesos como cálculo de correcciones ortométricas y producción de modelos geoidales. Las cinco restantes reconocen la necesidad de impulsar su operación para mejorar el cubrimiento y modernizar el marco de referencia; sin embargo la insuficiencia presupuestaria frena la posibilidad de adquirir el equipo de medición.

La infraestructura geodésica de control horizontal se reportó con un total de 63 estaciones GNSS de operación continua en resguardo de las agencias representadas. La tecnología GNSS es un estándar en la región; sin embargo la metodología adoptada para el establecimiento de redes es diversa. Honduras y Nicaragua se listaron como las representaciones con mayores retos para ampliar la cobertura del servicio. Aun así queda asentado que la actividad de mantenimiento y expansión de las redes de control horizontal se encuentra mayormente soportada por programas y proyectos activos y continuos en contraste al soporte que se brinda a las actividades de gravimetría y control vertical.

En forma general consideramos que la capacidad instalada en la región ha crecido en un ritmo que logra satisfacer requerimientos mínimos de operación. Los datos presentados en forma tabular y las discusiones ofrecidas forman evidencia de que las necesidades de desarrollo en el futuro de mediano plazo permanecen sin garantía de ser cubiertas. Iniciativas como el proyecto SIRGAS y el proyecto del IPGH-INEGI, llamado Monitoreo del geoide para México, Centroamérica y el Caribe han incidido positivamente en la mejora de infraestructura y en organización de bases de datos. Estos esfuerzos han probado su efectividad en promover la adaptación de los institutos geográficos a la adopción de nuevas tendencias tecnológicas.

En cuanto a limitantes y prioridades detectadas, se documentó que la falta de capacitación y equipo renovados son frenos principales causados por insuficiencia presupuestal. Con el fin de mitigar esta situación se recomienda continuar incentivando la capacitación especializada, desde la cual el personal de las agencias podrá producir proyectos locales encaminados a equilibrar los avances en las tres vertientes del control geodésico.

Bibliografía

Amos, M., 2010. "New Zeland vertical datum 2009", *New Zeland Surveyor, Journal of the New Zeland Institute of Surveyors*, No. 300.

- Avalos, D., 2011. *Informe técnico de actividades y resultados del proyecto Monitoreo del geoide para México, Centroamérica y el Caribe*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, México, septiembre.
- , 2013. “Segundo Taller del geoide para México, Centroamérica y el Caribe”, *Informe de actividades y resultados*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, México, noviembre.
- Baker, T. F., 1993. “Absolute sea level measurements, climate change and vertical crustal movements”, *Global and Planetary Change*, No. 8, Elsevier, Amsterdam.
- Brunini C., y Sánchez L., 2012. “Geodetic activities in Latin America and The Caribbean: always IN”, *Coordinates*, Vol. VIII, Issue 6, 14-21, June.
- Curch, J. A. and N. J. White, 2006. “A 20th century acceleration in global sea-level rise”, *Geophysical Research Letters*, Vol. 33.
- Drewes, H., L. Sánchez, D. Blitzkow y S. Freitas (2002). “Scientific foundations of the SIRGAS vertical reference system. Springer”, *LAG Symposia*, Vol. 124:297-301.
- Foreman, M. G. G., W. R. Crawford, J. Y. Cherniawsky y J. Galbraith, 2008. “Dynamic ocean topography for the northeast Pacific and its continental margins”, *Geophysical Research Letters*, Vol. 35.
- Gibbons Media & Research LLC, 2013. “How do GNSS-derived heights differ from other height systems”, *GNSS Solutions*, issue May/June.
- Hirt, C., M. Schmitz, U. Feldmann-Westendorff, G. Wübbena, C. H. Jahn y G. Seeber, 2011. “Mutual validation of GNSS height measurements and high-precision geometric-astronomical leveling”, *GPS Solutions*, Vol. 15, No. 2, April.
- IPCC, 2007. *Cambio Climático 2007*, Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II, y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, editado por R. K. Pachouri y A. Reisinger, Ginebra, Suiza.
- Kingdon, R., P. Vanicek, M. Santos, A. Ellmann y R. Tenzer, 2005. “Toward an improved orthometric system for Canada”, *Revista Geomática*, Canadian Institute of Geomatics, Vol. 59.
- Pagiatakis, S., 2009. “Determination of sea surface topography from tide gauge and atmospheric data”, Oral presentation at the American Geophysical Union spring meeting.
- Peltier, W. R., 2001. “On eustatic sea level history: Last Glacial Maximum to Holocene”, *Quaternary Science Reviews*.
- Santos, M., P. Vanicek, W. E. Featherstone, R. Kingdon, A. Ellmann, B. A. Martin, M. Kuhn, R. Tenzer, 2006. “The relation between rigorous and Helmert’s defi-

nitions of orthometric heights”, *Journal of Geodesy*, Vol. 80, No. 12, pp. 691-704.

- Seemüller, W., M. Krügel, L. Sánchez, 2008. “The position and velocity solution DGF08P01 of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS-RNAAC-SIR)”, *DGFI Report No. 79*, Munich, 110 pp.
- Woodworth, P. L., 2008. “Monitoring and predicting long term global sea and land level changes”, Presentación del Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL), Reino Unido.
- Wziontek, H., Wilmes, H., Bonvalot, S., 2009. “AGrav - An International Database for Absolute Gravity Measurements”, Poster presented at the IAG 2009 Scientific Meeting, Buenos Aires, Aug. 31-Sept. 4.

Proceso evaluativo del material cartográfico temático táctil para alumnos con discapacidad visual y auditiva

Teresa Barrientos Guzmán*
Enrique Pérez de Prada**

Abstract

The visually and hearing impaired users represent a special universe around the world, who need access to information, in this specific case information that is related to environmental problems and their manifestation in various regional processes such as melting glaciers among others.

The power to represent the spatial relationships between humans and their natural environment is a major challenge with which to achieve the formation of the image mental perception of the average real places and problems. The map helps this as it is an abstraction of what happens in reality in the environmental area, their features and their distributions.

All tactile map product adaptation involves one visual map to provide information by touch, step that involves a series of steps that are basic recitals to make a tactile mapping, where the end-user features are a major factor importance.

In this process, the evaluation of map products is fundamental because it allows us to check on adaptation achieved its goal of providing information to people who are blind or deaf, if they differ not only textures, shapes, colors between other aspects also seeks to determine whether the user-understood conceptual part of each of the representations.

Key words: *Evaluation process tactile cartography, evaluator, physical, conceptual aspects, tailored maps, thematic maps touch.*

* Correo electrónico: teresabarrientos@vtr.net

** Correo electrónico: eperez@utem.cl

Resumen

Los usuarios discapacitados visuales y auditivos representan un universo especial en todo el mundo, que necesitan tener acceso a la información, en este caso específico a información que está relacionada con la problemática ambiental y su manifestación en diversos procesos territoriales como es el deshielo de los glaciares entre otros.

El poder representar las relaciones espaciales entre el ser humano y su entorno natural es un desafío primordial con el cual se puede lograr la formación de la imagen mental con la percepción de los lugares del medio real y sus problemáticas. El mapa ayuda a esto ya que es una abstracción de lo que sucede en la realidad en el área ambiental, sus fenómenos y sus distribuciones.

Todo producto cartográfico táctil involucra la adaptación del mapa visual a uno que comunique la información por medio del tacto, etapa que involucra una serie de pasos que son los considerandos básicos al hacer una cartografía táctil, donde las características del usuario final son un factor de gran importancia.

En este proceso, la evaluación de los productos cartográficos es un aspecto fundamental, ya que nos permite comprobar si la adaptación realizada logró su objetivo de comunicar la información a las personas ciegas o sordas, no sólo si se diferencian las texturas, formas, colores entre otros aspectos, además se busca determinar si el usuario comprendió la parte conceptual de cada una de las representaciones.

Palabras claves: *Proceso evaluativo, cartografía táctil, evaluador, aspectos físicos, aspectos conceptuales, mapas adaptados, mapas temáticos táctiles.*

Introducción

Una característica importante que tienen los mapas, es que son medios preponderantes para el almacenamiento y comunicación de información sobre la localización y caracterización del mundo natural, de la sociedad y la cultura y en este caso especial, de la problemática del calentamiento global. A través de los mapas podemos reconocer la distribución y relaciones espaciales de los fenómenos geográficos, que expresan esta problemática, y los cambios que se están produciendo a causa de las alteraciones climáticas que se manifiestan en distintas partes de nuestro planeta.

En el caso de las personas ciegas, por medio de puntos de referencia, pueden hacer su propio mapa mental del espacio que está siendo afectado por estos cambios. Es imprescindible tener en cuenta cómo las personas ciegas y sordas obtienen información para lograr generar su mapa mental, donde la descripción oral, la visita a lugares y los mapas táctiles se constituyen en una fuente primordial de información.

La cartografía táctil es la que más aporta a las personas ciegas y sordas en la comprensión del espacio geográfico y de los fenómenos que en éste se desarrollen, ya que utiliza la representación en relieve por medio de texturas, líneas y formas, “ésta al contrario que la cartografía visual, es una forma de comunicación secuencial, como lo es la escritura, nadie lee una página de un vistazo, tiene que ir palabra por palabra hasta comprender la información que la página contiene, en un mapa táctil sucede lo mismo, mientras una persona vidente descubre toda la información de una forma instantánea (tal y como llega a su cerebro), los lectores de mapas visualmente incapacitados deben descubrir la información mediante un barrido secuencial del mapa” (Maestro I., 2004).

En este sentido los usuarios discapacitados visuales y auditivos son una población especial, que necesitan tener acceso a datos e información que les permitan estructurar sus propios mapas mentales (Coll, 2003), por lo cual se transforma en un objetivo primordial, tener la certeza que con estos productos cartográficos se está logrando comunicar la problemática ambiental.

Esta iniciativa considera la creación de un material inclusivo, permitiendo acceder también a él, a niños y/o jóvenes ciegos y sordos, donde puedan relacionarse con esta problemática en igualdad de condiciones que sus compañeros de aula.

Para realizar los productos cartográficos táctiles que fueron evaluados, fue necesario investigar especialmente en cuanto a la mejor forma de representación de la información, donde se utilizan los símbolos tanto puntuales, lineales y areales, los cuales pueden transmitir la realidad, considerando que es muy difícil y complejo adaptarlos a un sistema táctil, donde la abstracción es una variable fundamental a considerar para lograr representar las mismas regularidades y las mismas recurrencias que sustentan a los fenómenos geográficos (Benoit *et al.*, 1993).

De lo planteado anteriormente nace la inquietud, ¿se está logrando el objetivo de comunicar eficientemente la problemática ambiental y sus consecuencias por medio de los productos generados? La respuesta sólo la podemos obtener por medio de la aplicación de instrumentos de evaluación del material desarrollado y su posterior tabulación.

Objetivos

1. Determinar por medio del proceso de evaluación, si se está logrando comunicar la problemática ambiental y sus consecuencias a través de los productos temáticos táctiles.
2. Determinar las instancias más adecuadas para aplicar los test de evaluación de los productos temáticos táctiles generados en el área de la problemática ambiental, para personas con discapacidad sensorial.

Proceso de evaluación

La construcción de un producto cartográfico táctil siempre incluye un proceso arduo de adaptación del mapa visual para transformarlo en un mapa que comunique también la información a través del tacto, lo cual implica:

- Analizar bases cartográficas para encontrar aquella que cumpla con los requisitos de escala y nivel de información adecuada para transformarlo en un mapa táctil, en este ejemplo se muestra la base utilizada para el mapa de Equilibrio del Carbono (Figura 1).
- Buscar la mejor forma de representar la información a través de diferentes alturas en el relieve, de texturas (Figura 2) que no lleven a confusión, por tanto deben ser muy diferenciables.
- Considerar los símbolos gráficos como letras o números (Figura 3) que se utilizarán y cómo éstos, deben ir distribuidos sobre la superficie del producto cartográfico.
- Visualizar lo diferente que puede ser adaptar un mapa para un usuario en especial o hacer un prototipo que luego será reproducido muchas veces a través del proceso de termoformado con material PVC (Figura 4).

Estos son los considerandos básicos al hacer una cartografía táctil, pero falta reflexionar acerca de las características del usuario de ese material. Algunos aspectos a considerar:

- Curso al que está dirigido el material
- Alumnos ciegos o con baja visión
- Alumnos sordos con o sin experiencia en el uso e interpretación de este material
- Tiempo que se necesita para explorar el mapa

Cada una de estas alternativas puede llevar a tener que realizar un mapa diferente. O que al menos se necesite que el alumno deba ser guiado para usarlo.

Una vez resueltos todos los aspectos antes mencionados, se procede a confeccionar el mapa táctil. Para estar seguros de que se ha realizado una buena adaptación, es fundamental someter el producto a la evaluación por parte de personas con discapacidad visual (Figura 5) o auditiva, pues muchas veces el adaptador tiene en la retina el mapa visual al examinar el mapa táctil y pasa por alto aspectos que para la persona con discapacidad visual son relevantes, por ejemplo: texturas que al tacto son similares, signografía Braille distribuida sin un criterio cercanía espacial (Figura 3), el concepto que se quiere comunicar no queda claro, entre otros.

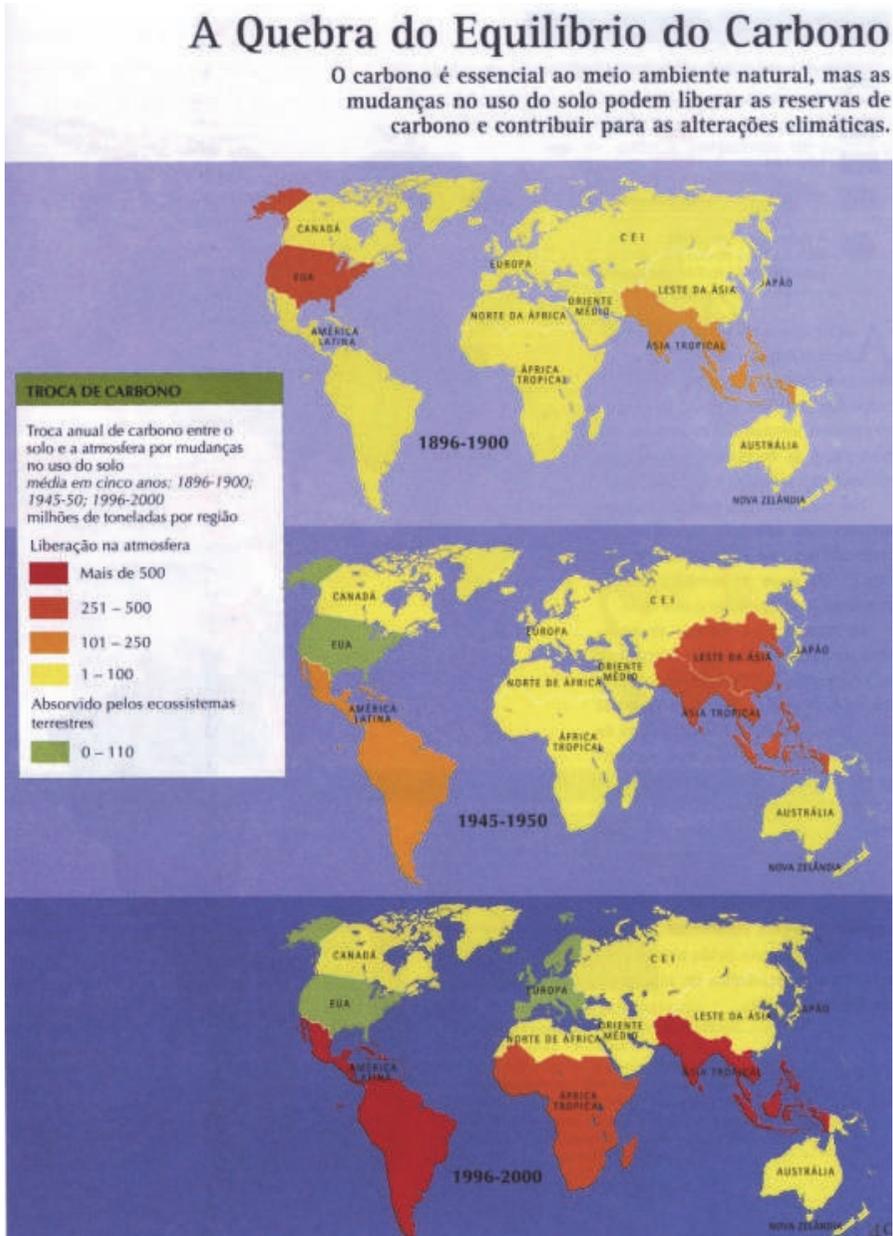


Figura 1. Quiebre equilibrio del carbono.
Fuente: Proyecto IPGH.

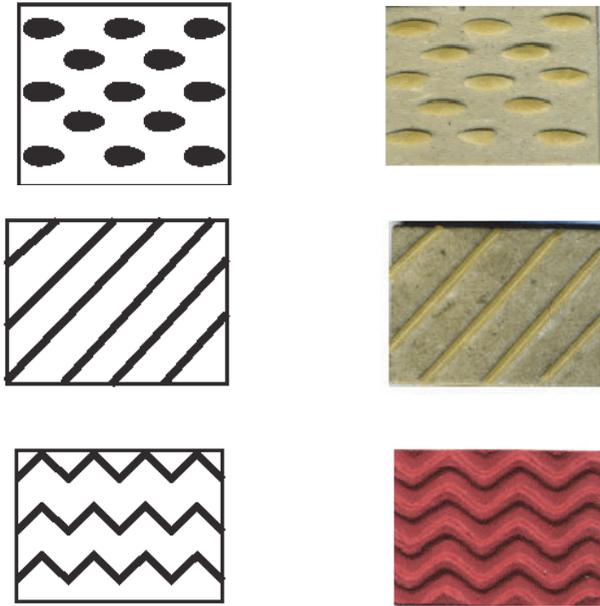


Figura 2. Símbolos por medio de texturas.
Fuente: Informe proyecto IPGH CART.2.1.1.7.2/GEO.2.1.2.9.4.

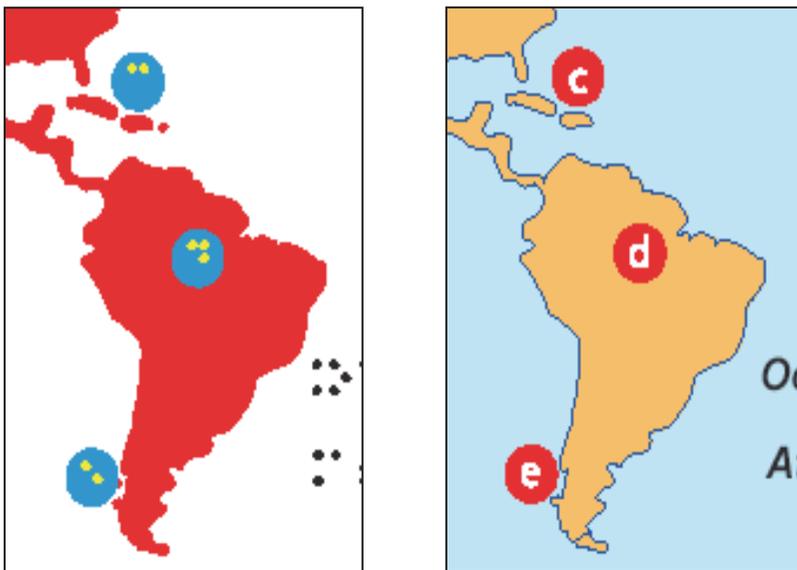


Figura 3. Símbolos gráficos utilizando letras.
Fuente: Proyecto IPGH.

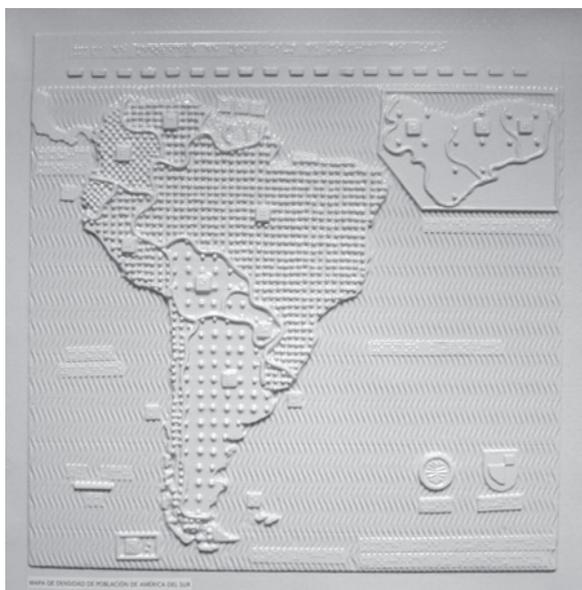


Figura 4. Mapa termoforado densidad población América del Sur.
Fuente: Proyecto IPGH.

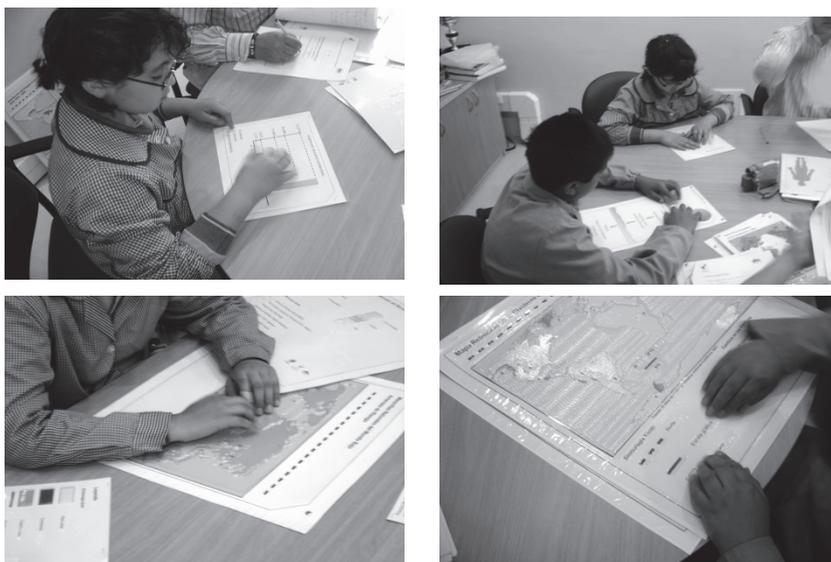


Figura 5. Alumnos ciegos Colegio Santa Lucía evaluando el material.
Fuente: Proyecto IPGH.

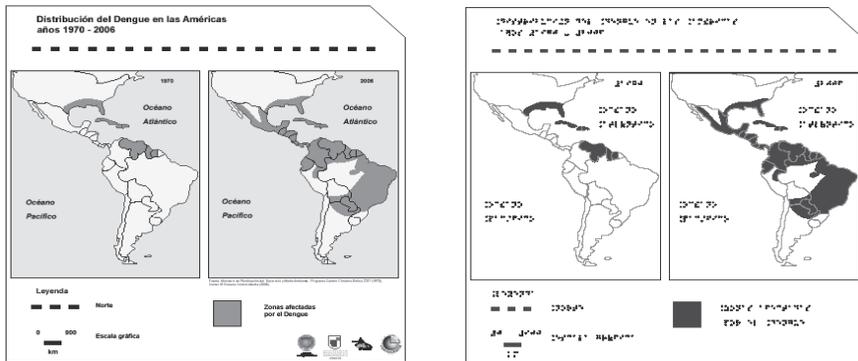


Figura 6. Mapa distribución del dengue en América del Sur en tinta y braille.
Fuente: Proyecto IPGH.

Al desarrollar el proyecto de investigación “Generación de cartografía táctil para la comprensión del calentamiento global y su relación con los eventos naturales” se enfrentaron nuevos desafíos, no sólo había que adaptar mapas sino que cada mapa involucraba representar temas específicos, como Distribución del Dengue en las Américas, (Figura 6) permitiendo también una comparación entre mapas que representan la situación en diferentes años.

En este caso la evaluación debió considerar nuevos aspectos:

- Evaluar si es entendida la simbología del mapa
- Evaluar la comprensión de los temas relacionados con el calentamiento global representados en los mapas y láminas
- Evaluar separadamente los aspectos físicos y conceptuales de la representación involucrados en estos mapas temáticos

Metodología de evaluación del material

Como ya se mencionó los productos realizados en este proyecto IPGH involucran la comprensión de conceptos como: desertificación, derretimiento de los hielos, cambio del equilibrio del carbono, entre otros, materias que están dentro del currículo educacional, pero como no se tenía la certeza que los alumnos conocieran estas temáticas, fue necesario recurrir al apoyo de los profesores de aula para explicar los fenómenos y conceptos. Tanto en la escuela de ciegos como en la escuela de sordos los profesores hicieron la introducción a los temas.

La evaluación del material, efectuada por los investigadores y ayudantes, fue registrada a través de test, tomas fotográficas y videos, lo cual permite objetivar esta etapa.

Evaluación con alumnos que presentan discapacidad visual

Los alumnos que participaron en la evaluación correspondían a una muestra de quinto, sexto y séptimo año básico.

Es relevante mencionar que en este tipo de evaluación grupal las mesas se ordenan en forma de “U” de tal manera que quien explica pueda ir chequeando que los alumnos están haciendo el mismo recorrido sobre el mapa y a la vez puede resolver dudas. Luego cada evaluador se acerca y trabaja con uno a dos alumnos (Figura 7) para hacerles las preguntas del test en un contexto de conversación. Cada alumno tiene su material.

Se ha observado que los alumnos mencionan en voz alta los aspectos que van descubriendo en el material, también hacen preguntas. Lo cual permite evaluar de forma muy dinámica.

Los alumnos con baja visión deben hacer la exploración del material de manera táctil y visual, lo cual les permite utilizar dos canales sensoriales, para identificar y recordar la información.



Figura 7. Evaluadores en el momento de hacer las preguntas colegio de ciegos.
Fuente: Proyecto IPGH.



Figura 8. Evaluación en colegio de sordos.
Fuente: Proyecto IPGH.

La evaluación con alumnos que presentan discapacidad auditiva

Los alumnos que participaron en la evaluación correspondían a quinto y sexto año básico (Figura 8). En este caso la disposición de las mesas es diferente, los alumnos agrupan las mesas, de tal manera que el material quede al centro y ellos se distribuyen alrededor, mientras el profesor explica. Los evaluadores observan y van tomando nota de lo que los estudiantes dicen.¹

En este caso un set de material (Figura 9) sirve para que todos trabajen, atienden a la explicación y luego exploran el material, lo cual les permite reforzar la información visual que les entregan los colores y simbología del mapa.

Los estudiantes exploran, hacen preguntas a la profesora, comparten sus impresiones con los compañeros, y algunos también relacionan lo que están conociendo con experiencias de vida y noticias.

¹ Escuela de Sordos San Francisco de Asís, utiliza el método auditivo-verbal por tanto los alumnos se comunican hablando no por medio del lenguaje de señas.

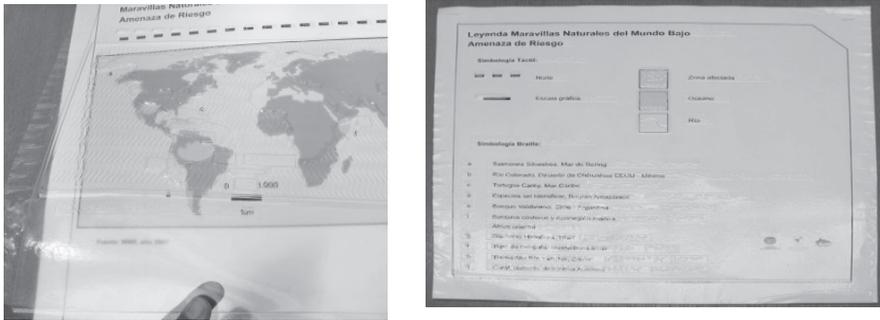


Figura 9. Mapa y leyenda maravillas naturales del mundo bajo amenaza de riesgo, en formato tinta y termoformado transparente.

Fuente: Proyecto IPGH.

Es interesante mencionar que la directora de la Escuela de Sordos San Francisco de Asís, Ximena Vidal, manifiesta que sería importante ampliar el vocabulario de los estudiantes para facilitarles la comprensión de estas temáticas.

Rol del evaluador

El rol del evaluador en este caso está centrado en la aplicación del test, pues quien está encargado de introducir la temática de cada producto táctil es el profesor del aula, al cual se le entregó un documento pedagógico, una especie de cuadernillo, que contiene información de apoyo sobre las temáticas abordadas, retroceso de los glaciares, proceso de desertificación, efecto invernadero, distribución del dengue, maravillas naturales del mundo y cambios del equilibrio del Carbono.

El evaluador debe ser una persona que conozca los mapas y el test a aplicar, y estar al tanto de algunas estrategias básicas para comunicarse con personas con discapacidad visual y auditiva y tener un rol activo. En el caso de las personas ciegas dar orientación considerando los puntos de referencia y en las personas sordas hablarles mirándolos de frente, entre otras estrategias.

La etapa de evaluación fue desarrollada paralelamente en Argentina, Brasil y Perú, durante el segundo semestre de 2011 en colegios con estudiantes ciegos. En el caso de Chile, se realizó esta evaluación en establecimientos educacionales donde estudiaban alumnos con discapacidad visual y auditiva. Esta evaluación permitió detectar algunos problemas a nivel del reconocimiento táctil y visual. Por otra parte, se pudo determinar si son comprendidos los conceptos del calentamiento global y su manifestación en eventos naturales.

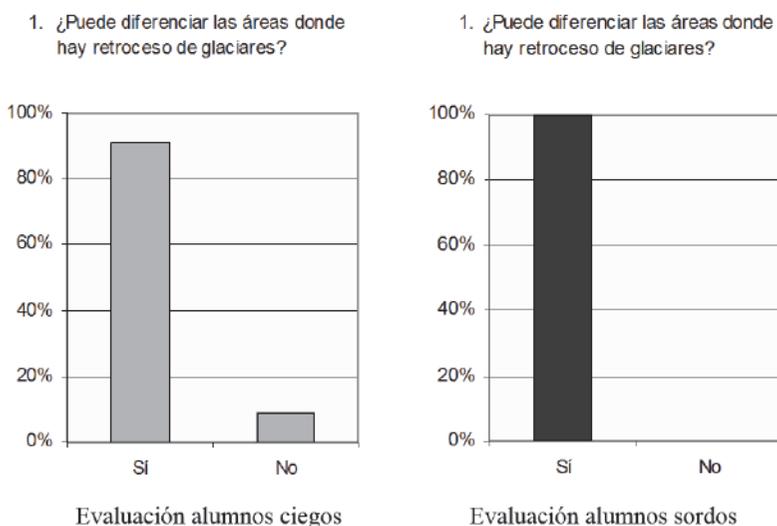


Figura 10. Retroceso de los glaciares en el mundo mapa y leyenda maravillas naturales del mundo bajo amenaza de riesgo, en formato tinta y termoformado transparente
Fuente: Proyecto IPGH.

Tabulación y representación de los resultados de los test de evaluación

Tras la aplicación del instrumento de evaluación, se realizan gráficos (Figura 10) teniendo como base esta información que representa a cada uno de los mapas y láminas, separado por colegio y por país. Los gráficos son analizados en forma independiente para cada pregunta, con lo cual se logra comparar los resultados por los distintos colegios y países participantes.

Del análisis de los resultados obtenidos del proceso de evaluación, se obtienen una serie de interesantes comentarios observaciones y sugerencias, que se transforman en la base de las correcciones que se deben hacer en el proceso de optimización del material.

Análisis de los resultados de la evaluación del material

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos, y como una forma de ordenar las conclusiones, se procedió a separar en dos enfoques estos análisis, uno desde lo que se denominó “aspectos físicos de la representación” (ejemplo, norte, texturas, color) y “aspectos conceptuales tratados” (ejemplo, retroceso, desertificación).

Es importante señalar, que la totalidad de los alumnos encuestados, no habían tenido acceso a la información representada, lo cual se transformó en un aporte muy interesante a los estudiantes, quienes comprendieron una serie de fenómenos relacionados con el calentamiento global.

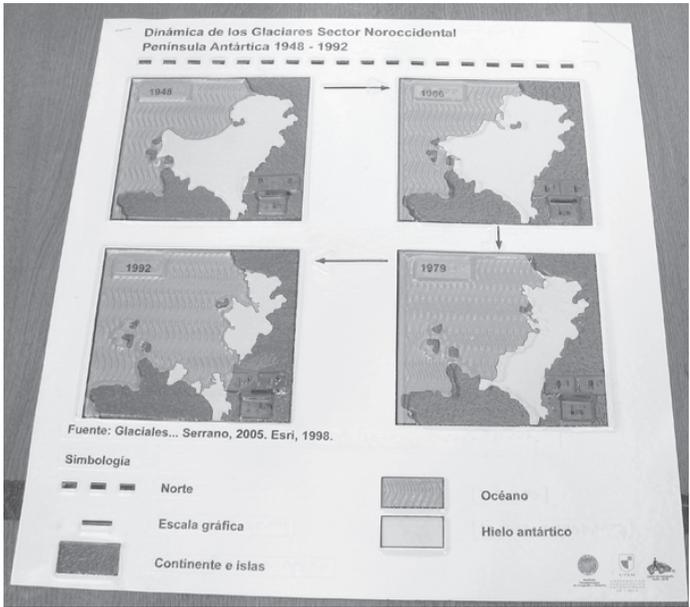


Figura 11. Mapa retroceso de glaciares Península Antártica.
Fuente: Proyecto IPGH.

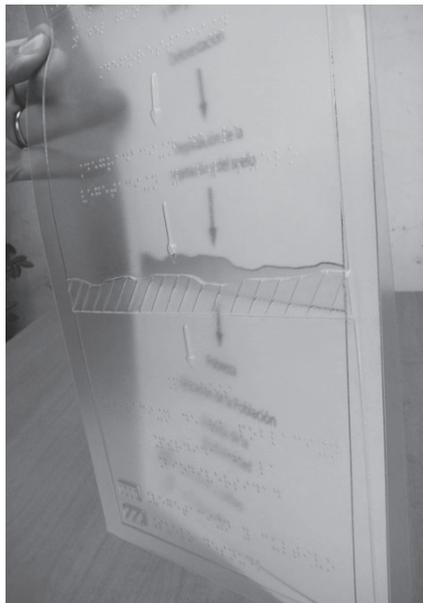
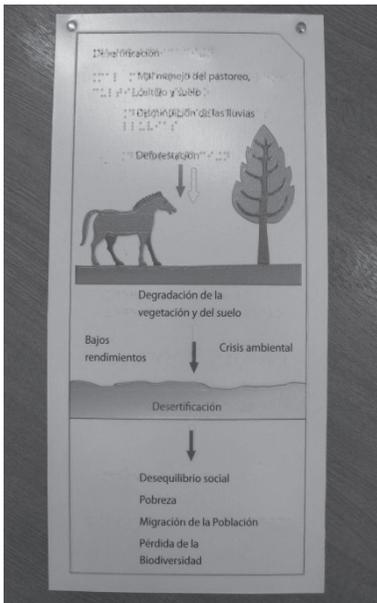


Figura 12. Concepto de desertificación.
Fuente: Proyecto IPGH.

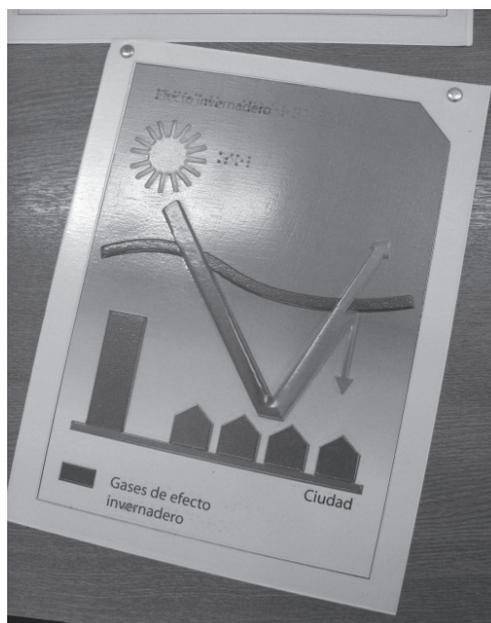


Figura 13. Concepto efecto invernadero.
Fuente: Proyecto IPGH.

Aspectos físicos de la representación

Los elementos físicos en general recibieron una alta aprobación por parte de los estudiantes evaluadores tanto ciegos como sordos. A continuación se muestran las conclusiones que se señalaron por cada uno de los principales elementos representados:

Norte geográfico: en Brasil, Chile y Perú reconocieron sobre el 90% la representación del norte geográfico. En cambio en Argentina esta evaluación mostró un menor porcentaje de reconocimiento positivo, ya que sólo el 60% de los encuestados reconoció esta simbología, esto se puede deber a que anteriormente utilizaban otro símbolo para el norte geográfico.

Mapas y leyendas: la leyenda que acompaña a los mapas es fundamental para que se logre el objetivo de comprender la información, en este caso en promedio, más del 80% manifestó que la leyenda le permitía comprender la información que estaba representada en el mapa, y que el formato le era adecuado a la simbología presentada y a las dimensiones de ésta.

Texturas: la textura fue un elemento gráfico táctil que se utilizó en los mapas y en los conceptos, donde la información tenía un carácter areal, tanto cualitativo (Re-

troceso Glaciares Sector Noroccidental Península Antártica 1948-1992), como cuantitativo (Cambio del Equilibrio del Carbono (1896-1900) (1996-2000)) y lineal en la figura del mosquito del Dengue.

Se puede señalar que sobre el 90% de las texturas utilizadas en las áreas que representaban una variable, fueron reconocidas claramente, con lo cual desde el punto de vista táctil se entendían con facilidad al ser exploradas. Hubo algunas dificultades en el reconocimiento de las líneas utilizadas para representar el mosquito del Dengue, es importante hacer un nuevo diseño.

Color: esta variable visual, fue fundamental para aquellos alumnos que tenían resto de visión y para los alumnos sordos. En general fue muy bien evaluado la utilización del color. Los alumnos con resto de visión opinaron que en el mapa donde se mostraba la liberación de carbono a la atmósfera, se tendía a confundir las tonalidades verdes utilizadas, por lo cual sugieren que se utilice colores con más contraste.

Distribución de varios mapas en una misma línea: este aspecto se consideró fundamental y complejo en el momento de representar cuatro etapas diferentes en distintos períodos de tiempo de una misma variable, como es el mapa de Retroceso de Glaciares en la Península Antártica, (Figura 10) donde los cuatro mapas se distribuyen en una misma lámina. El orden que se definió, fue que el primero se ubicara en el extremo superior izquierdo, luego superior derecho, posteriormente inferior derecho para finalizar con el último mapa en la parte inferior izquierda. Esta secuencia de la dinámica de los glaciares fue comprendida por un universo del 70%.

Aspectos conceptuales de la representación

Como se mencionó anteriormente, se procedió a evaluar en forma separada la parte conceptual ya que se pretendía con esto, identificar si los alumnos habían percibido más que la representación, es decir el significado del concepto.

Esta comprensión se logró en un muy alto porcentaje sin mayores problemas. En aquellos mapas donde se tenía que percibir los cambios en una superficie (retroceso de un glaciar) se apreció en forma clara este fenómeno, permitiendo incluso trabajar la parte del porcentaje de reducción, lo cual fue muy interesante ya que estaba aplicado a un fenómeno geográfico.

Podemos asegurar que los alumnos al utilizar este material, con la mediación del profesor, perciben de manera eficiente los cambios representados en la cartografía como son expansión, retroceso, distribución, diferenciación, tipos de cambio de un fenómeno que representa el problema del calentamiento global.

Durante la exploración los alumnos logran aplicar conceptos de cantidad tales como más, menos, mayor, menor, igual, los cuales les permiten comprender los procesos de expansión del Dengue, retroceso de los glaciares entre otros. La compa-

ración del fenómeno en distintos años, permite que los alumnos puedan obtener nuevas deducciones.

En cuanto a la comprensión de un fenómeno tan difícil de entender como es la Liberación del Carbono, fue entendido en muy alto porcentaje, también este tema, permitió hacer preguntas donde se involucraban los continentes, lo cual aportó un objetivo nuevo e interesante, la comprensión del aspecto físico del mundo.

En el momento de relacionar en una figura algún aspecto puntual de un fenómeno específico, se logra con facilidad, esto se observa en el caso del Dengue, donde los alumnos pueden identificar claramente los sectores donde se manifiesta el síntoma del dengue en la figura humana.

La representación de los conceptos (Figura 12) fue un gran aporte a la temática del calentamiento global, esto permitió la comprensión de fenómenos tan específicos como el Efecto Invernadero (Figura 13), donde el color, forma y textura jugaron un papel fundamental. Se hace necesario en el caso de los conceptos contar con una pequeña introducción sobre la materia que se desarrolla.

Considerando todos los productos cartográficos y conceptuales utilizados en la evaluación, podemos afirmar sin error, que este material facilita la elaboración del mapa mental del lugar representado. Cuando tenemos el marco espacial de los contornos, redes de caminos o hidrográfica, límites administrativos, vías de comunicación entre otros, podemos tener representado nuestro mapa mental del mundo.

Conclusión y recomendaciones

En todo proceso de adaptación del material visual a táctil, se debe incluir obligatoriamente la etapa de evaluación del material, por parte de personas ciegas y sordas, ya que logran percibir aspectos que para las personas que tienen visión no son reconocidos.

El rol que juega el profesor en el aula es fundamental, ya que es el puente entre la temática que se está representando y explicando en los mapas y conceptos y el alumno, sin esta introducción la comprensión se hace más difícil.

Se recomienda filmar la evaluación, con el objetivo de revisar y chequear detalles de la exploración que realizaron los alumnos, la forma cómo se hizo la introducción, la forma cómo se aplicó la pauta de evaluación, el rol que jugó el académico y el evaluador.

La metodología que se está empleando para desarrollar los productos cartográficos, está permitiendo comunicar la problemática ambiental y sus consecuencias en cambios de aspectos geográficos en forma clara, comprendiendo la problemática en sí, el aspecto conceptual que involucra.

La forma de aplicar los test, si se siguen las recomendaciones planteadas, permite generar las instancias más adecuadas para que el resultado sea el óptimo, teniendo

do en cuenta que no es lo mismo aplicarlas a las personas ciegas que a las personas sordas.

Bibliografía

- Benoit, S. *et al.* (1993). “La composition des chorèmes dans la modélisation graphique appliquée à La Bourgagne”, *Mappe Monde*, 2, 1993, pp. 37-41.
- Coll E., y Barrientos, T. (2003). “Cartografía y tecnología como apoyo al conocimiento geográfico y a la orientación y movilidad de la persona ciega”, Proyecto OEA/SEDI/AE/01, *Anales V Congreso Latinoamericano de Ciegos* (ULAC). Quito, Ecuador.
- Maestro, I., (2004). “Fomento de la Movilidad de Invidentes Mediante Cartografía Táctil: criterios de PARTIDA”, *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*.
- Pérez, E. (2004). “Los Símbolos Cartográficos Táctiles como elementos de Comunicación de información”, *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*.

Espacios objetivos y subjetivos de la movilidad cotidiana urbana

Jorge Espinoza Nanjarí*

Abstract

There are the need to generate cartographic models faced to the visualization of the daily mobility of the population of Santiago de Chile, which is framed inside the subjective and personal landscape of the above mentioned mobility defines and determines. It is possible to demonstrate a close link with urban problems that they tend to transform in endemic, such as the transport congestion, the demographic concentration and consequently, the decrease of the mobility.

To achieve this objective, it is necessary to have information originated from direct sources linked to the cognitive, perceptive and appraisal processes that are deeply rooted in the context of the subjectivity and routine character in which the urban inhabitants take its decisions of spatial behavior.

Key words: *daily mobility, subjective spaces, urban problems.*

Resumen

Se plantea la necesidad de generar modelos cartográficos orientados a la visualización de la movilidad cotidiana de la población de Santiago de Chile, que se enmarca dentro del paisaje subjetivo y personal que dicha movilidad define y condiciona, donde se puede evidenciar una estrecha vinculación con problemas urbanos que tienden a transformarse en endémicos, como lo son la congestión vehicular, la concentración demográfica y por consiguiente, la disminución de la movilidad.

Para lograr este objetivo, es necesario poder contar con información proveniente de fuentes directas vinculadas íntimamente a los procesos cognitivos, perceptivos y valorativos que están enraizados en el ambiente de la subjetividad y cotidianidad en que los habitantes urbanos toman sus decisiones de comportamiento espacial.

Palabras claves: *movilidad cotidiana, espacios subjetivos, problemas urbanos.*

* Doctor, Departamento de Cartografía, Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile, correo electrónico: jespinoz@utem.cl

Introducción

Los dinámicos y continuos procesos de transformación interior que han caracterizado a las ciudades latinoamericanas en los últimos periodos históricos de su evolución, evidencian en la actualidad un paisaje urbano que se ha vuelto considerablemente complejo, en el que se yuxtaponen distintas áreas y dimensiones con funcionalidad y dinámica diferente, conformando un *puzzle* urbano de marcada heterogeneidad que se hace cada vez menos legible.

Además, se debe agregar un enorme crecimiento demográfico, el que produce inevitablemente una constante expansión física de las ciudades, las que continúan sometidas a importantes tensiones de acondicionamiento interior de extensión periférica, dentro de las cuales destacan, sin duda, los problemas de movilidad, los que se han agudizado en los últimos años, en especial, como resultado de un crecimiento urbano desorganizado y de una expansión rápida e inusitada en el uso del automóvil privado, junto a un alto grado de desorganización del transporte público, traducidos en significativos impactos ambientales que afectan negativamente la vida urbana cotidiana y a la calidad de vida de su población.

La magnitud de la cantidad de viajes que se realizan diariamente en la ciudad de Santiago sobre una insuficiente estructura vial, desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo, impacta inevitablemente y en algunos casos en forma dramática a extensas áreas urbanas, donde la población se ve considerablemente afectada en su movilidad habitual y por ende, en sus actividades cotidianas.

Así, durante los últimos años se ha evidenciado un deterioro progresivo de sus condiciones de circulación, expresadas principalmente en la congestión vial. Los tiempos de viaje han experimentado un rápido crecimiento y las vías están alcanzando altos grados de ocupación y saturación, hasta ahora inéditos.

De esta manera, la distancia que separa a los lugares donde se realizan las diferentes actividades económicas y sociales se ha mantenido en crecimiento en los últimos decenios, como consecuencia de los avances tecnológicos y organizacionales.

Asimismo, las razones que motivan los desplazamientos se han incrementado, pasando del “obligado *commuting*” (Mondrís, 1992) al cotidiano comprar, pago de servicios, trasladar a niños a sus colegios o acceder a bienes culturales y sociales que requieren el uso de medios de transporte motorizado.

Los viajes diarios implican sacrificios en tiempo de descanso, de consumo o de trabajo remunerado, aspecto social que afecta con mayor severidad a los más pobres, cuyos traslados se efectúan en condiciones más inconfortables, con mayores tiempos de desplazamiento el que incluye además con frecuencia realizar transbordos.

Históricamente la periferia urbana de la ciudad de Santiago tendía a ser monofuncional, particularmente residencial, con un alto nivel de segregación social, la

que ha derivado en su desarrollo a una nueva periferia continua que es multifuncional, la que presenta variados usos del suelo urbano y en algunos casos, sectores sociales diversos y heterogéneos, constituyendo así una nueva experiencia en la consolidación del espacio suburbano santiaguino.

Ejemplos de lo anterior son las nuevas suburbanizaciones residenciales que cuentan con centros comerciales, gimnasios, sedes bancarias, centros médicos y otros servicios urbanos localizados tradicionalmente en las áreas centrales de la ciudad.

Lo anterior, plantea la necesidad de conocer y analizar el patrón de movilidad que ha generado la transición del modelo monocéntrico al policéntrico, con la emergencia de nuevas áreas centrales expandidas por la ciudad. Estas nuevas periferias emergidas en los últimos años, han sido el resultado de importantes movimientos poblacionales intraurbanos, acompañados de la localización de diversos centros comerciales excéntricos en los cuatro puntos cardinales de Santiago, los que han alterado los flujos y la dependencia histórica con el centro comercial tradicional, para una diversidad de viajes derivados de subjetivas, personales y cotidianas motivaciones que no tienen relación necesariamente con las actividades de trabajo o de estudio.

Por otra parte, es importante considerar, que los sistemas públicos de transporte fueron concebidos y diseñados cuando el elemento dominante de la ciudad era el centro, que concentraba las principales áreas del comercio y del trabajo.

La gran mayoría de los *Malls*, de las áreas comerciales e industriales, de los supermercados, de los establecimientos de salud y educación han sido construidos fuera del centro de la ciudad, estructuras que dependen fuertemente de la existencia de los automóviles. El resultado de este fenómeno, es que se han incrementado significativamente las distancias por recorrer y se ha reducido en forma considerable la importancia de los viajes al centro de la ciudad (Kreime, 2006).

Así, el resultado ha sido que “gran cantidad de personas está lejos de todo” y “las ciudades se han transformado para servir a los automóviles y no a las personas”, imponiéndose éstos como un factor determinante en la nueva configuración de los espacios urbanos. Las personas viven lejos de su trabajo, de su lugar de estudio, del supermercado, de los centros comerciales y de servicios.

En los últimos años y en particular desde el inicio de la década de los noventa, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial ha provocado mayor congestión, demoras excesivas, accidentes y diversos problemas ambientales.

La congestión de tránsito se ha transformado en un severo flagelo, que está presente en la mayoría de los países industrializados como también en aquellos en desarrollo, afectando tanto a automovilistas como a usuarios del transporte colectivo, provocando una serie de efectos para la sociedad y una amenaza en aumento para la calidad de vida urbana.



Figura 1. Congestión vehicular y colapso de vías.

Esta situación, puede ser explicada debido a que las últimas décadas han visto un aumento vertiginoso de la cantidad de vehículos motorizados, especialmente en los países en vías de desarrollo, derivado de diversos factores, como el aumento del poder adquisitivo de las clases socioeconómicas de ingresos medios, el mayor acceso al crédito, la reducción relativa de los precios de venta y una oferta de vehículos usados.

Este creciente acceso al automóvil, ha posibilitado una mayor movilidad espacial individual lo que, junto al crecimiento de la población urbana, la menor cantidad de habitantes por hogar, a la escasa aplicación de políticas de transporte urbano y probablemente “debido a la imagen crecientemente atractiva en el mundo en desarrollo hacia un estilo de vida que tiene al automóvil por elemento esencial” (Gakenheimer, 1998), ha potenciado de manera significativa la congestión.

Ya ha sido comprobado que la organización urbana orientada a facilitar el flujo de automóviles conduce indefectiblemente a un aumento incontrolable del tráfico y de la congestión, estableciéndose así un círculo vicioso en que los vehículos demandan nuevas autopistas y estacionamientos, más espacio urbano que siempre es insuficiente porque, a la vez, promueve el uso de más coches, que finalmente igual colapsan las infraestructuras construidas y además exigen otras nuevas.

Así, la ciudad se ha transformado en función del automóvil, muchos ciudadanos se ven obligados a adaptarse a un ambiente cada vez más difícil y menos suyo. “El medio de transporte se convierte en fin” (Sintes, 2002).

Una de las consecuencias más evidente de la congestión es aquella relacionada con los tiempos de viaje, especialmente en las horas punta, por otra parte, la lentitud en los desplazamientos exagera los ánimos y fomenta el comportamiento agresivo de los conductores.

De esta manera, la motorización en la ciudad ha provocado de hecho un grave impacto social, generando un profundo cambio de hábitos y por ende, de comportamiento espacial en las personas, lo que ha contribuido a abrir una importante brecha entre grupos de población en función de la disponibilidad para tener y usar el automóvil.

En términos generales, el mayor crecimiento de la tasa de motorización en comparación con la tasa de crecimiento de la infraestructura, es quizás el factor más relevante que ha contribuido a agravar este multidimensional problema, el que tiene relación con una baja tasa de inversión, tanto de infraestructura vial urbana como interurbana, lo que se traduce en un exceso de demanda por el uso de la infraestructura existente, que es escasa (Romper, 2003).

Es conveniente también mencionar, que la multifuncionalidad ha demandado viajes interperiferia, para los cuales la ciudad aún no está preparada. En estos importantes cambios en el paisaje urbano periférico han tenido gran relevancia los nuevos centros de comercio, servicios y esparcimiento, que Greene y Soler han denominado Subcentros nucleares, que tienen una larga historia de planificación, pero una reciente presencia en la ciudad.

En efecto, el primer Plano Intercomunal de Santiago (PRIS) de 1960 ya indicaba quince subcentros nucleares estratégicamente situados, que proporcionarían equipamiento y servicios urbanos a la periferia santiaguina, con el objeto de disminuir la marcada dependencia de los barrios residenciales con el centro histórico fundacional de la ciudad.

El Plano Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) de 1994, es decir, 34 años después, nuevamente propuso el desarrollo de subcentros nucleares con objetivos y localizaciones muy similares a aquéllos planteados en 1960. El texto señala: “El Plan, en esta materia propone un sistema de once puntos estratégicos denominados Subcentros de Equipamiento Metropolitano, destinados tanto a reunir servicios, como a formar una red de desconcentración de equipamiento, acercándolos a los usuarios” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU, 1994).

Sin embargo, en la práctica la gran mayoría de los subcentros propuestos por los instrumentos de planificación no se concretaron, o algunos lo hicieron muy débilmente. En su reemplazo se desarrollaron los *Malls*, que se caracterizan por una dinámica muy diferente, cumplen otras funciones y generan otro tipo de espacio urbano distinto al previsto por los planificadores de los años sesenta.

Malls: cambios en la geografía de oportunidades de la movilidad espacial.

Las modalidades y magnitud que presenta el crecimiento del espacio urbano de Santiago, de tipo periférico, disperso y fragmentario, constituye una de las características más relevante de los procesos de reorganización urbana actual.

Al respecto, Ortiz y Escolano plantean la hipótesis que en este modelo de crecimiento urbano disperso, la dependencia funcional de las “nuevas periferias” en relación al centro metropolitano es muy acentuada en cuanto a la localización del trabajo y acceso a servicios cualificados. Pero esta relación funcional se evidencia más reducida, y aún inexistente, para productos y servicios cotidianos, debido a la emergencia de centralidades periféricas, cuyos polos son los centros comerciales (*Malls*).

Es así como, los principales *Malls* de Santiago se han constituido para el ciudadano común en los nuevos subcentros urbanos, basada esta cualidad principalmente en una nueva concepción de los espacios públicos del habitante, el que ha incrementado su condición de consumidor, transformando las plazas públicas, lugares tradicionales de encuentro y vida social, en una alteración de éstas, constituyéndose en definitiva en un nuevo espacio: el centro comercial o *Malls*.

En Chile los *Malls* hicieron su aparición en los años ochenta. En 1981 fue inaugurado Apumanque, centro comercial vecinal y en 1982 el Parque Arauco, centro de carácter regional. Desde esa fecha la construcción de *Malls* o grandes centros comerciales ha ido en paulatino aumento.

Su éxito popular está relacionado con la función y carácter del centro comercial en general. Además, los *Malls* se han preocupado de diversificar su oferta, entregando nuevos servicios, como centros médicos y de entretenimiento o institutos de educación superior (Cristoffanini, 2006).

Así, “en los *Malls* acaece un contacto físico entre las personas. Es posible mirarse, reunirse y dialogar con otros, de manera que el centro comercial se erige como un lugar donde una comunidad de sujetos tiene la capacidad de conocerse. No en vano, los *Malls* se autodenominan como parques o plazas, lo que denota cómo ellos intentan recuperar del inconsciente colectivo los modos de encuentro inherentes a la modernidad” (Rovira, 2004).

Por otra parte, se localizan en puntos estratégicos de la ciudad y en general, con excelente accesibilidad, en áreas carentes de subcentros urbanos, lo que genera nuevos e importantes flujos de personas desde diferentes sectores de Santiago, lo que ha ejercido una profunda influencia sobre la experiencia del movimiento en la ciudad, al ser el *Mall* por esencia un concentrador de actividades, lo que se traduce en una buena oportunidad para el usuario de hacer muchas cosas en un solo lugar, evitando así el hecho de tener que desplazarse hacia el centro tradicional para estos efectos (Ponce, 2004).

De este modo, ha variado significativa y aceleradamente no sólo la cultura de compra de Santiago, sino que también la forma de esparcimiento e interacción, incluyendo en ello los patrones de encuentro y presencia en el espacio urbano.

Dentro de los centros comerciales más importantes de Santiago, es necesario destacar el *Mall Plaza Vespucio*, inaugurado el 1990 con el objetivo central de impulsar el desarrollo urbano de una comuna con el mayor potencial demográfico en esa fecha, La Florida y constituir el primer *Mall* del país localizado en una zona de un segmento socioeconómico de clase media (Figura 2).

Corresponde en la actualidad a uno de los centros comerciales más consolidados como subcentro urbano, cuyo radio de influencia alcanza principalmente a diversas comunas del sector sur-oriente y sur-poniente de la ciudad, lo que se traduce en una clara segmentación del mercado, ya que apunta a sectores bastante definidos dentro de la estratificación social, específicamente a sectores emergentes de clase media, con un registro de visitas del 66.5% del sector socioeconómico medio. El *Mall Plaza Vespucio* se caracteriza además por contener un espectro programático muy amplio y por su ubicación estratégica.

Debido a la rápida consolidación del *Mall Plaza Vespucio* como el principal *Mall* de la zona sur-oriente de la ciudad de Santiago y el más visitado de Chile, la construcción de *Malls* o grandes centros comerciales ha ido en paulatino aumento, abriendo nuevos mercados de sectores emergentes.



Figura 2. *Mall Plaza Vespucio.*

No obstante, lo anterior ha implicado una fuerte presión sobre la red vial y accesibilidad hacia los nuevos centros comerciales, especialmente los *Malls*, como también hacia el sistema de transporte público, debido a que esta mayor demanda no ha tenido como respuesta una expansión en la oferta que sea capaz de adecuarla, lo que ha traído como resultado una congestión vehicular en permanente aumento.

En efecto, esta diversificación y dinámica que ha experimentado la movilidad de los habitantes de Santiago, ha generado un significativo crecimiento en la demanda por infraestructura vial, la que ha superado con creces la expansión de la oferta de vías. De esta manera, el aumento del número de viajes y el incremento e intensidad en el uso del automóvil, ha derivado en un importante crecimiento en la demanda por infraestructura vial en Santiago.

Búsqueda de racionalidad en la movilidad urbana

La búsqueda de soluciones efectivas para el problema de la movilidad, es considerada hoy un eje central para la construcción de ciudades habitables. El incontrolable incremento del tráfico, especialmente del automóvil privado, tiene una dramática incidencia en la vida de los ciudadanos: robando espacio público, contaminando el aire, creando ambientes ruidosos, ingratos e inseguros y condicionando los hábitos personales y colectivos.

Por lo tanto, esta problemática para el logro de avances efectivos y permanentes en el tiempo, requiere de una mirada reflexiva, crítica e innovadora, teniéndose en consideración que si el tráfico vehicular es la causa de múltiples problemas, también es consecuencia de muchos factores diferentes, entre los cuales también están aquellos subjetivos, lo que conlleva a la necesidad de intervenir en diversos frentes al mismo tiempo.

El intento de disminuir las necesidades de desplazamientos, se ve claramente entorpecida por el tipo de ciudad que se ha ido imponiendo: “desparramada dividida en sectores monofuncionales, obliga a un enorme aumento de los desplazamientos, imposible de cubrir desde el transporte colectivo. Cuanto más extensa y segregada es la ciudad, más esfuerzo dedicamos al mero trabajo de movernos, de llegar a los sitios” (Sintes, 2002).

Para intentar dar solución a los problemas de movilidad, si bien no se puede “hacer retroceder” a la ciudad desde su condición actual, sí es posible modificar las estrategias y adoptar en la toma de decisiones el criterio de “acercar los servicios y corregir la tendencia a la dispersión espacial, en vez de multiplicar las facilidades de locomoción”, en definitiva: favorecer la accesibilidad, en vez de promover la movilidad, adoptándose además formas de desplazamientos compatibles con el ambiente y con todas las personas.

Los esfuerzos deben, por lo tanto, orientarse en este sentido y un buen ejemplo de ello es la experiencia propiciada por el ayuntamiento de Barcelona, el que en

1998 impulsó el llamado Pacto por la Movilidad, que corresponde a un foco integrado por más de 50 entidades y asociaciones sociales y ciudadanas, que debaten con el objeto de mejorar la movilidad de la ciudad con criterios de sostenibilidad, en base a cifras y objetivos, además de un observatorio que realiza un permanente seguimiento del transporte y de sus efectos (Sintes, 2002).

La preocupación actual es de qué manera se debe enfrentar la inevitable necesidad de seguir desplazándose por la ciudad.

Ya ha sido comprobado que la organización urbana orientada a facilitar el flujo de automóviles conduce indefectiblemente a un aumento incontrolable del tráfico y de la congestión, estableciéndose así un círculo vicioso en que los vehículos demandan nuevas autopistas y estacionamientos, más espacio urbano que siempre es insuficiente porque, a la vez, promueve el uso de más coches, que finalmente igual colapsan las infraestructuras construidas y además exigen otras nuevas.

Los ejes de una nueva movilidad, más racional, que incluya a toda la ciudadanía y que respete el ambiente urbano, junto a la consideración de una oferta de transportes colectivos completa, eficaz y ambientalmente respetuosa, hace necesaria la búsqueda de iniciativas más audaces por parte de las administraciones y un proceso abierto a la participación ciudadana.

Para lograr lo anteriormente indicado, es necesario poder contar con información fiable, que permita una visión cualitativa y cuantitativa más profunda y real de la movilidad urbana, desde fuentes no sólo oficiales provenientes de los organismos encargados tradicionalmente de la planificación y gestión urbana, sino que con especial énfasis, de fuentes directas vinculadas íntimamente a los procesos cognitivos, perceptivos y valorativos que están enraizados en el ambiente de la subjetividad y cotidianeidad en que los habitantes urbanos toman sus decisiones de comportamiento espacial y que, en su conjunto, se traducen finalmente en los desplazamientos, racionales o no racionales, que con su particular dinámica y compleja estructura constituyen el eje central de la problemática de la congestión, tanto demográfica como vehicular.

Así es como, “la vida urbana como un devenir está en movimiento, en el hecho continuo de desplazarse. Por eso el espacio se constituye en escenario del comportamiento cotidiano” (De Castro, 1997). Este comportamiento está regido por desplazamientos que constituyen una fuente de información permanente para reconstruir y actualizar la imagen del entorno urbano.

Movilidad urbana

Como los desplazamientos en la realidad implican previamente desplazamientos mentales, se debe considerar la movilidad espacial de la población con relación a todas aquellas actividades que motivan voluntaria o forzosamente un desplazamiento, ya sea dentro de las áreas aledañas a su lugar de residencia o hacia, coincidentes

o diferenciados, puntos y sectores que presentan distintas funcionalidades, localizados en diferentes partes de la ciudad.

En consecuencia, los hábitos de movilidad que serán abordados metodológicamente en el proyecto CART 02 2013 “Cartografía de la movilidad cotidiana, espacios subjetivos y problemas urbanos”, a través de la visualización cartográfica y análisis espacial, han sido determinados en base a tres dimensiones:

- Flujos de desplazamientos habituales en base a las principales vías de circulación de los habitantes, según el lugar de residencia, las características socio-demográficas y la dinámica temporal que caracteriza a su movilidad a través de la ciudad teniendo como lugar de destino y motivo de estudio específico, el *Mall Plaza Vespucio* que, como ya fue señalado, por su importancia y cobertura a nivel de ciudad, por la oferta de un espectro programático muy amplio y por su ubicación estratégica, se ha estimado de interés seleccionarlo como área de estudio para la investigación.

Es conveniente señalar, que en esta movilidad, junto a la motivación expresada en la valoración que las personas hacen de este centro comercial, la estructura de la red vial juega un papel fundamental como elemento incentivador e indefectible en los desplazamientos que efectúa la población dentro de su espacio vivencial.

De esta manera, la red vial se constituye en un verdadero “mapa operacional”, en base al cual el habitante aprehende y valora su espacio, toma decisiones de acción concretas y por último realiza sus diversas actividades habituales, las que se encuentran condicionadas por la estructura y funcionalidad que presenta esta red, como también por la existencia y cantidad en dichas vías de servicio de locomoción colectiva, que representa el principal medio de transporte para las personas que se desplazan por la ciudad.

- Medios de transporte que utilizan las personas en sus desplazamientos habituales, factor que orienta y condiciona la autonomía en las decisiones de su movilidad dentro del área urbana. Se establecen claramente las diferencias cualitativas y cuantitativas de los diferentes flujos, a través de las vías jerarquizadas de acuerdo al nivel e intensidad del uso que de ellas hace la población en sus desplazamientos cotidianos.
- Lugar de destino: *Mall Plaza Vespucio*. Considerando la frecuencia de menciones vinculadas a la satisfacción de diferentes necesidades básicas y específicas de los residentes en distintos sectores de la ciudad, que han sido establecidos como “zonas de origen” y que han manifestado su preferencia por este centro comercial a través una amplia variedad de razones, que son el producto de la valoración subjetiva y personal que las personas hacen de la oferta de infraestructura y servicios existentes en él y que permiten establecer los componentes diferenciadores y comunes de las decisiones espaciales.

La visualización cartográfica del significativo flujo de población que se desplaza hacia este centro comercial atributado con una alta preferencia, como asimismo las diversas razones que motivan estos desplazamientos, deberá dejar de manifiesto la multifuncionalidad que éste cumple para satisfacer diversas necesidades de un porcentaje importante de los habitantes de la ciudad, lo que se deriva del grado de valoración y del uso efectivo que ellos hacen de dicho centro, dentro de los límites que establece la percepción subjetiva que éstos tienen del espacio urbano, es decir de su espacio vivencial o cotidiano.

Por otra parte, es necesario también tener presente que este espacio cotidiano es “un espacio egocéntrico, cerrado en función de la experiencia personal y vital del hombre”, como asimismo incorpora a la vez un “sentimiento de pertenencia” y la valoración del espacio como resultado de la asignación subjetiva y diferenciada de valores del mismo (Valenti, 1983).

Esta fracción del territorio de una ciudad, con cierta fisonomía propia, que constituye el espacio cotidiano de una determinada comunidad, puede ser dado a una división administrativa como la comuna, pero muchas de las veces es independiente al abstracto límite administrativo.

Es por esta razón, que se estima necesario poder configurar, conocer y comprender la trascendencia que tienen estos espacios subjetivos del entorno familiar, dentro de los cuales las personas intentan satisfacer sus necesidades cotidianas y que derivada de la incapacidad de respuesta que este entorno pueda evidenciar para satisfacerlas, las personas toman las decisiones de acción sobre el resto del espacio urbano, en un proceso de aprendizaje exploratorio, muchas veces espontáneo y de poca coherencia espacial. Proceso que está evidentemente condicionado por la extensión, orientación, calidad y fidelidad de la geoinformación que les proporcionan las imágenes cognitivas que poseen de la ciudad.

La determinación del procedimiento metodológico de la investigación en esta perspectiva, hizo necesario previamente la búsqueda de aplicaciones en diferentes estudios de distintos métodos y técnicas destinadas a recoger, configurar y evaluar información relativa a mapas cognitivos, mapas mentales y comportamiento espacial en áreas urbanas y en particular, se optó por aquellas propuestas en la tesis doctoral “La diversidad de paisajes subjetivos de Santiago-Chile”, entre las cuales el método de Luz y Sombras responde, a nuestro juicio, de manera más efectiva para configurar la percepción subjetiva del espacio urbano cotidiano.

Además, este método contribuye a la necesidad de explorar y analizar nuevas modalidades metodológicas, que se vinculen eficientemente a la visualización cartográfica de los mapas cognitivos y que contribuyan así a una mayor diversificación y profundización en la comprensión y el análisis del complejo proceso de la percepción y del comportamiento espacial que caracteriza a la población que reside en la ciudad de Santiago de Chile.

Cartografía de luz y sombras

Corresponde a una visualización cartográfica conformada en base a la identificación o reconocimiento de nodos, sendas e hitos urbanos relevantes, ya sea desde el punto de vista físico, arquitectónico, de patrimonio cultural e histórico, como también funcional, que son el resultado de la lectura semiótica que el habitante urbano hace de su entorno y que se constituyen en la fuente de información básica de orientación y de referencia espacial, que en definitiva conforman y dinamizan su mapa cognitivo.

La primera etapa para la construcción de estas cartas subjetivas, corresponde por consiguiente a la identificación de hitos urbanos significativos para la población, tanto en los lugares periféricos aledaños a los límites comunales que conforman el área de cobertura del *Mall*, como asimismo en lugares significativos localizados en el interior de dichos sectores, como hitos urbanos de alto valor semiótico asociados a la movilidad cotidiana.

Los niveles de identificación de estos hitos realizada por la población consultada fue visualizada, en una primera instancia, por símbolos puntuales graduados de acuerdo al porcentaje de reconocimiento de cada uno de ellos. Posteriormente, la información gráfica puntual obtenida, fue posible ampliarla a través de la aplicación de dos técnicas de visualización: triangulación e isoperceptas (Figuras 3 y 4).

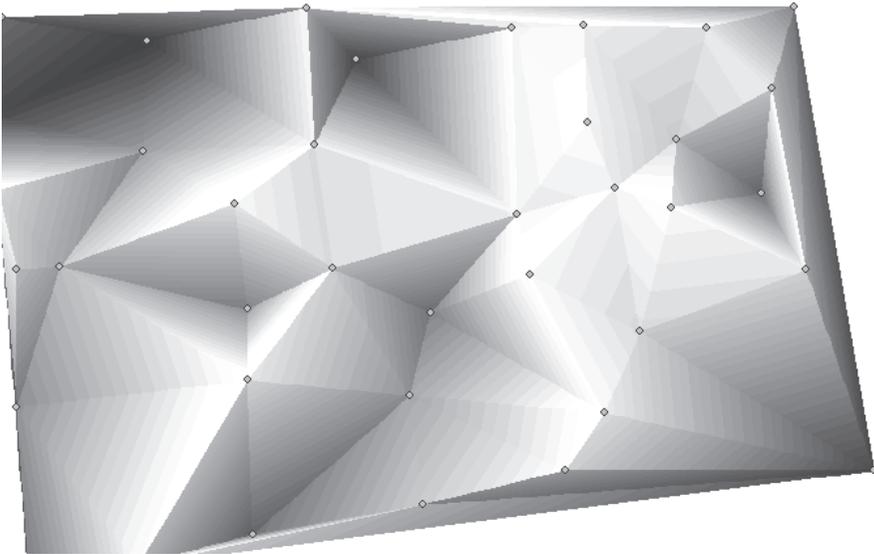


Figura 3. Técnica de interpolación.

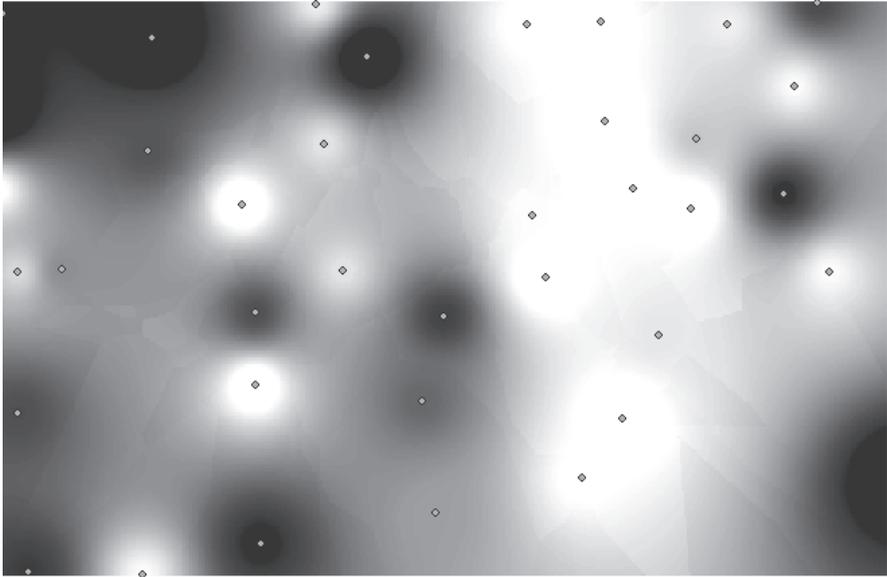


Figura 4. Técnica de isoperceptas.

Finalmente, se contempla una fase de integración y correlación espacial, la que intenta establecer las relaciones existentes en la simbiosis que se presenta entre la visión objetiva de los problemas urbanos en estudio, la que en forma tradicional se considera preferentemente en la planificación urbana en Chile, y la dimensión subjetiva, personal y cotidiana, estrategia de planificación aún no debidamente considerada, que permita comprender y explicar el comportamiento espacial de los habitantes de la ciudad que, en forma consciente o no, son actores activos en la génesis de dichos problemas.

Así, los modelos cartográficos considerados deberán posibilitar una mayor capacidad de comprensión y explicación, en un análisis integrado de los diferentes factores presentes en las dos dimensiones consideradas en el estudio y del grado de racionalidad vinculado éste al proceso de percepción, que se deriva del comportamiento espacial de la población, el que, en definitiva, tiene sus efectos en la creación o modificación de una realidad física y objetiva en permanente transformación y en la configuración de nuevos marcos de referencias espaciales, en cuyo ámbito sea posible reorientar y reorganizar las actividades y acciones, a través de una planificación más integral y por ende, más efectiva.

Conclusiones

El interés de esta investigación, que se encuentra en el tercer año de ejecución, se centra fundamentalmente en la visualización cartográfica de aquellos desplazamientos de los habitantes urbanos, que han sido motivados por la multiplicación de los diversos centros comerciales, de servicios, de salud, de recreación y de encuentro social, dentro de los cuales se ha seleccionado el *Mall Plaza Vespucio* como área de estudio, que son el resultado de este dinámico proceso de transformación que afecta en la actualidad a la ciudad y que motiva una diversidad de viajes derivados de subjetivas y cotidianas razones, las que fueron definidas como “factores independientes” y que no tienen relación con las actividades de trabajo o estudio, las que se presentan más estables en el tiempo y complejas de modificar en el quehacer cotidiano de la población, denominadas “factores dependientes”.

Estos desplazamientos habituales que realiza la población de Santiago por motivaciones de carácter independiente, están indefectiblemente condicionados por la estructura y funcionalidad que presenta la red vial de la ciudad, por el lugar geográfico donde reside, por sus características socio-demográficas, por los medios de transportes que utiliza y por la dinámica temporal que evidencia su movilidad conjunta a través del paisaje urbano de la capital.

El análisis preliminar de la visualización cartográfica del comportamiento espacial que presentan las personas en relación al *Mall Plaza Vespucio*, como lugar de destino, confirma la alta valoración que ellas hacen de la funcionalidad que presenta dicho centro comercial como nueva plaza urbana, donde se entrelazan la cultura, la entretención y el encuentro social, complementados con una moderna infraestructura que proporciona una particular motivación en la población para acceder a los atractivos que ofrecen este espacio público.

Por otra parte, el mapa cognitivo de los residentes en Santiago organiza su estructura a partir de diferentes “espacios de actividad”, los que tienen como punto de partida aquellos espacios del entorno familiar dentro de los cuales, en una primera instancia, las personas intentan satisfacer sus necesidades cotidianas y que derivado de la incapacidad de respuesta que este entorno pueda evidenciar para satisfacerlas o de las limitaciones que el mapa cognitivo de los residentes pueda presentar en la coherencia de su estructura y extensión espacial (zonas de luz y sombras), las personas toman las decisiones de acción sobre el resto del espacio urbano, en un proceso de aprendizaje semiológico exploratorio, muchas veces espontáneo y no racional espacialmente. Proceso que evidentemente está condicionado por la calidad, fidelidad y coherencia de la geoinformación que les proporcionan las imágenes mentales que poseen de la ciudad.

Al respecto, se puede concluir que de las vías que presentan en la actualidad un mayor número de puntos críticos de alta congestión, contribuyen a ellas de manera significativa los desplazamientos que realizan los habitantes de la ciudad desde sus

residencias hasta los lugares de destinos que tienen como motivación la satisfacción de las necesidades denominadas en este estudio como “factores independientes”, los que representan, según datos proporcionados por la Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA), el 55.7% del total de viajes diarios motorizados en Santiago.

El planteamiento teórico-conceptual y el desarrollo metodológico aplicado en la presente investigación, como asimismo el análisis integrado y reflexivo que se intenta realizar en la última etapa del proyecto, permitirán reafirmar la consideración que una parte importante de los problemas urbanos que afectan a la ciudad de Santiago de Chile tienen dos dimensiones, una objetiva, tradicional y pública y otra subjetiva, personal y cotidiana, las que deben ser necesariamente abordadas con la misma profundidad.

La primera dimensión corresponde al espacio métrico u objetivo, donde se centran preferentemente en la actualidad y en algunos casos, en forma exclusiva, las miradas, las acciones y los recursos disponibles.

La segunda dimensión, que ha sido el motivo central de la investigación es el espacio paramétrico, aún no debidamente considerado por los organismos de planificación en el país, en el que coexisten los distintos espacios subjetivos dentro de los cuales subyacen gran parte de las razones que condicionan y permiten explicar el comportamiento espacial de la población urbana y los argumentos que posibilitan establecer su correlación con las problemáticas que se derivan de esta movilidad.

Bibliografía

- Cristoffanini, P. (2006). “La cultura del consumo en América Latina”, *Sociedad y Discurso*, núm. 10.
- De Castro, C. (1999). “Mapas cognitivos. Qué son y cómo explorarlos”, *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, núm. 33, Universidad de Barcelona, España, <www.ub.es/geocrit/sn-33.htm>.
- Espinoza, J. *et al.* (2004). “Cartografía de los espacios subjetivos: una alternativa metodológica para la comprensión del comportamiento espacial de la población urbana”, Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), Informe final, Departamento de Cartografía, Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile.
- Espinoza, J. (2011). “La diversidad de paisajes subjetivos de Santiago-Chile”, tesis doctoral, Universidad de Barcelona.
- Gakenheimer, R. (1998). “Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo”, *EURE* (Santiago), septiembre, vol. 24, núm. 72.
- Greene, M. y Soler, F. (2004). “Santiago: de un proceso acelerado de crecimiento a uno de transformaciones”, Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile, <www.Sitiosur.cl/publicaciones/Ediciones_sur/02santiago.pdf>.

- Kreimer, R. (2006). *La tiranía del automóvil. Los costos humanos del desarrollo tecnológico*, Ediciones Anarres, Colección Ciencias Sociales, Buenos Aires.
- Ortiz, J. y Escolano, S. (2005). “La formación de un modelo policéntrico de la actividad comercial en el Gran Santiago”, *Revista de Geografía Norte Grande*, núm. 34, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Ponce, C. (2004). *Los grandes nudos viales en la ciudad; contrastes entre Mall y las periferias subyacentes*, Centro de Estudios Arquitectónicos, Urbanísticos y del Paisaje, Universidad Central de Chile.
- Romper, M. (2003). “Congestión vehicular y tarificación vial”, *Serie Informe Económico*, núm. 137, Libertad y Desarrollo, Chile.
- Sintes, M. (2002). “Movilidad racional en las ciudades”, Centro Nacional de Educación Ambiental, CENEAM, Chile.

Aplicaciones cartográficas en PEMEX

Margarita Jordá Lozano*
Miguel Zúñiga Montalvo**

Abstract

Description of the use of cartographic materials in Petróleos Mexicanos (PEMEX), from information, maps and institutional geographic information systems, highlight the most important applications today.

Key words: *PEMEX, Cartography, Maps, Geographic Information Systems.*

Resumen

Descripción del uso de los materiales cartográficos en Petróleos Mexicanos (PEMEX), a partir de la información, los mapas y los sistemas de información geográfica institucionales, destacando las aplicaciones más importantes actualmente.

Palabras clave: *PEMEX, Cartografía, mapas, Sistemas de Información Geográfica.*

Antecedentes

La cartografía se ha utilizado en la industria petrolera desde sus inicios como en cualquier otra actividad económica, para la ubicación de las materias primas, los medios de producción y las áreas consumidoras. Desde antes de la expropiación petrolera en México, se utilizaron planos para la localización de los campos petroleros, las instalaciones industriales y las ciudades más importantes.

Después de constituido Petróleos Mexicanos (PEMEX) en 1938, se utilizaron los planos petroleros existentes que tenían sistemas de coordenadas diferentes. Con el tiempo estos sistemas tuvieron que ser integrados para hacer los planos comparables. Para solucionar esta problemática durante la década de los cincuenta se reali-

* Subgerente de Sistemas de Información Geográfica de PEMEX DCTIPN, Plaza Polanco, Torre B, piso 4, México, D.F., correo electrónico: margarita.jorda@pemex.com

** Especialista en Información Geográfica, Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica de PEMEX DCTIPN, Plaza Polanco, Torre B, piso 4, México, D.F., correo electrónico: miguel.zuniga@pemex.com

zaron reuniones con autoridades cartográficas del gobierno y de instituciones académicas.

A finales de la década de los sesenta PEMEX crea el Departamento de Cartografía y Geodesia que con apoyo del Servicio Cartográfico Militar, avanza en el ajuste de los planos a la proyección UTM (Universal Transversa de Mercator). Como resultado, estos materiales se empiezan a utilizar en más actividades petroleras.

Así, conforme se desarrolló la industria petrolera nacional, el uso de la información cartográfica se incrementó hasta ser un sustento técnico de actividades como la exploración, la perforación y el transporte y distribución de petrolíferos.

Durante la década de los ochenta, a la par de que la información geográfica cobraba más relevancia en la industria petrolera nacional e internacional, se usaron en PEMEX además de los planos petroleros, las cartas topográficas escala 1:1,000,000 y 1:250,000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para apoyar las actividades petroleras.

A partir de la década de los noventa con el desarrollo acelerado de los sistemas de información geográfica en el mundo, las áreas técnicas de PEMEX que usaban planos y cartas empiezan a ver los sistemas geográficos como una opción para obtener y generar planos y mapas de manera más ágil.

En 1991 a partir de un convenio de colaboración técnica INEGI-PEMEX, se escanearon con un alto control de calidad las cartas topográficas escala 1:1,000,000 y 1:250,000 en sus cuatro positivos de impresión, y por primera vez en México se tuvo una cartografía digital de todo el territorio nacional. En ese momento se inició en PEMEX la creación del Sistema de Información Geográfica de la Industria Petrolera.

Además de este sistema que permanece hasta la fecha y que es representativo por el alto número de áreas que atiende, existen actualmente aplicaciones que cubren los requerimientos de las áreas operativas en las regiones petroleras del país, y que apoyan directamente las actividades de exploración, extracción, producción, logística, protección ambiental, transporte de petrolíferos e hidrocarburos, refinación, producción de gas y seguridad industrial, entre otros temas.

A partir de 2010 gran parte de los sistemas geográficos de PEMEX fueron integrados por la creación de la Dirección Corporativa de Tecnología de Información y Procesos de Negocio, que ahora concentra todas las áreas de tecnología de información de la empresa, tanto las que pertenecieron al corporativo como las de sus cuatro organismos subsidiarios: Pemex Exploración y Producción, Pemex Refinación, Pemex Gas y Petroquímica Básica y PEMEX Petroquímica.

El objetivo de esta integración es fortalecer el Sistema de Información Geográfica de la Industria Petrolera, a partir de un banco central de datos geospaciales con las diferentes aplicaciones existentes, homologando las plataformas tecnológicas de acuerdo a los estándares del Open Geospatial Consortium (OGC).

Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica de PEMEX

La Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica, dependiente de la Gerencia de Servicios Técnicos Especializados, de la Subdirección de Integración de Soluciones y Procesos de Negocio y de la Dirección Corporativa de Tecnología de Información y Procesos de Negocio de PEMEX, es el área que se encarga de consolidar y proporcionar las soluciones y servicios de información geoespacial que contribuyan al desarrollo de los procesos sustantivos y operativos de PEMEX y sus organismos subsidiarios.

También tiene la responsabilidad de realizar con organismos públicos y privados la suscripción de convenios de colaboración técnica e intercambio de información en materia geoespacial, respetando la normatividad y los estándares a nivel nacional e internacional.

Esta Subgerencia opera con tres aspectos destacados que la hacen especial no sólo dentro de PEMEX, sino incluso dentro de la administración pública federal:

- Esta área se maneja como una unidad de negocio, con un sistema de facturación a partir del cual se distribuyen productos y servicios cartográficos al interior de PEMEX. Esto permite tener niveles de comparación con los costos de estos productos y servicios en el mercado, para evaluar la productividad y eficiencia de los recursos invertidos en la Subgerencia.
- Opera bajo el esquema de un sistema de gestión de calidad basado en procesos, que rige a todas las áreas tanto técnicas como administrativas y que ha permitido contar con una certificación ISO (International Organization for Standardization) de calidad desde 1998.
- La base de datos geográfica y los servicios que ofrece son conformes con los estándares y las implementaciones del OGC (Open Geospatial Consortium), organismo internacional responsable de estandarizar aspectos en el ámbito geoespacial.

La Subgerencia está integrada por tres superintendencias, que en términos generales son: proyectos, información y servicios. Los temas más destacados en la cartera de servicios geoespaciales de la Subgerencia son los siguientes:

- Elaboración e impresión de planos y mapas con información petrolera y con información geográfica del entorno de las instalaciones.
- Proporcionar acceso a las bases de datos institucionales por medio de diferentes plataformas y aplicaciones cartográficas.
- Desarrollo de servicios geográficos Web, como WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) y WCS (Web Coverage Service).

- Análisis geoespacial de datos sociales, económicos y demográficos de las áreas en el entorno de las instalaciones petroleras.
- Generación de modelos digitales del terreno y superficie y, análisis de los mismos vía perfiles topográficos, curvas de nivel, mapas de declives y líneas de vista.
- Clasificaciones supervisadas y no supervisadas de fenómenos físicos y sociales en el entorno de las instalaciones petroleras vía imágenes de satélite.
- Levantamientos de información geográfica dentro y en el entorno de las instalaciones petroleras.

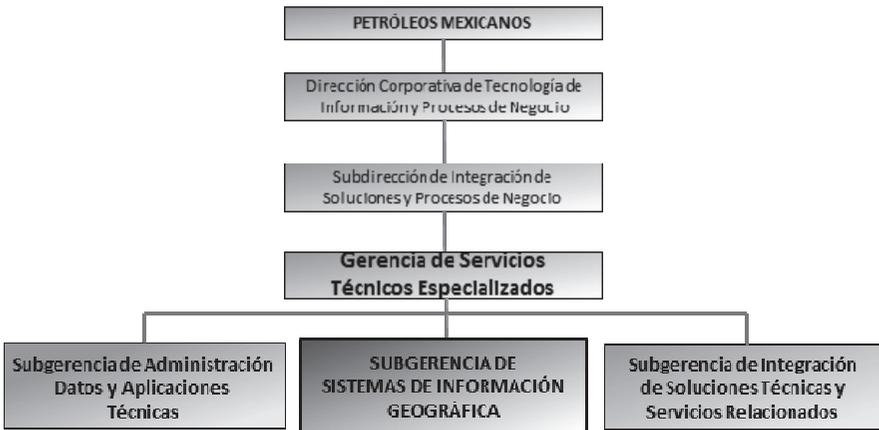


Figura 1. Estructura orgánica de la Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica de PEMEX.

Los principales grupos de datos petroleros con los que la Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica proporciona sus servicios son los siguientes:

- Seis refinерías
- Ocho complejos petroquímicos
- 10 centros procesadores de gas
- 16 terminales de distribución de gas licuado
- 77 terminales de almacenamiento y reparto
- 1,323 instalaciones estratégicas
- 10,140 estaciones de servicio —gasolineras
- Pozos petroleros, con alrededor de 32,000 de ellos
- Red nacional de derechos de vía de PEMEX, con 60,568km de ductos de transporte de hidrocarburos
- Asignaciones petroleras —división territorial para la actividad petrolera

- Activos y campos petroleros —áreas de extracción y producción
- Oportunidades de exploración —puntos en los que se explora
- Inventario nacional de proyectos de exploración, perforación y extracción
- Peras y macro peras de los pozos petroleros —área de maniobras
- Investigación sísmica para exploración en dos y tres dimensiones
- Geología petrolera, provincias geológicas y cuencas terciarias y mesozoicas
- Planos detallados de las instalaciones petroleras más importantes
- Modelos tridimensionales de las principales instalaciones petroleras
- Fotografías oblicuas del interior de las principales instalaciones petroleras
- Fotografías de 360° del interior de las principales instalaciones petroleras
- Puntos de control geodésico en las principales instalaciones petroleras
- Modelos digitales de terreno de las principales instalaciones petroleras
- Planos de administración patrimonial —terrenos, construcciones, edificaciones e instalaciones de PEMEX
- Fugas y derrames en la red de ductos de transporte de PEMEX
- Inventario de tomas clandestinas en la red de ductos de transporte de PEMEX
- Manifestaciones y actos vandálicos en el entorno de las instalaciones petroleras

Los principales grupos de datos temáticos del entorno con los que la Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica proporciona sus servicios son los siguientes:

- Cartografía topográfica escala 1:1,000,000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- Cartografía climática escala 1:500,000 del INEGI
- Cartografía topográfica escala 1:400,000 de la empresa Sistemas de Información Geográfica S.A. (SIGSA)
- Cartografía topográfica escala 1:250,000 del INEGI
- Batimetría del Golfo de México escala 1:250,000 del INEGI-IBCCA
- Cartografía geológica escala 1:250,000 del INEGI
- Cartografía de uso del suelo escala 1:250,000 del INEGI
- Cartografía topográfica escala 1:200,000 de SIGSA
- Cartografía topográfica escala 1:100,000 de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)
- Cartografía topográfica escala 1:50,000 del INEGI
- Cartografía topográfica escala 1:40,000 de SIGSA
- Cartografía topográfica escala 1:20,000 del INEGI y de SIGSA
- Cartografía topográfica escala 1:15,000 del Valle de México de la SEDENA
- Cartografía topográfica escala 1:5,000 de SIGSA
- Cartografía Urbana 2000 del INEGI

- Marco geo estadístico 2000, 2005 y 2010 del INEGI país, estados, municipios, localidades urbanas y localidades rurales
- Cartografía geo estadística 2000, 2005 y 2010 del INEGI
- Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010 del INEGI
- Censo de Población 2005 del INEGI
- Áreas Geo Estadísticas Básicas (AGEB) 2010 del INEGI
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) 2012 del INEGI
- Localidades urbanas con números exteriores 2010 del INEGI
- Redes hidrológicas con conectividad escala 1:250,000 y escala 1:50,000 del INEGI
- Servicio Web de imágenes QuickBird y WorldView I (Global Base Map) del territorio nacional, proporcionado por la empresa DigitalGlobe
- Servicios Web de PEMEX con la red carretera nacional y con la red nacional de calles de las zonas urbanas, con datos de la empresa HERE, antes NavTeq
- Modelo de elevación Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 30 y 90m
- Modelo de elevación Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) de 30m
- Continuo de Elevación Nacional de 30m del INEGI
- Estructura ejidal nacional y lotes rurales certificados en el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE) 2010
- Polígonos de las zonas militares de la SEDENA
- Imágenes de satélite IRS, Landsat, Spot, Ikonos, QuickBird, WorldView I y GeoEye 1
- Fotografías aéreas y orto fotos digitales desde 1m hasta 10cm de resolución

Actualmente los usuarios de la Subgerencia se integran por los que solicitan mapas específicos, los que usan los servicios Web y los que tienen acceso a las aplicaciones cartográficas en línea, según la siguiente estructura por organismo subsidiario de PEMEX:

- PEMEX Exploración y Producción concentra el 38%
- Las áreas corporativas concentran el 24%
- PEMEX Refinación concentra el 19%
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica concentra el 13 %
- PEMEX Petroquímica concentra el 6%

Entre las acciones que la Subgerencia ha implementado con instituciones externas destacan los intercambios de información, experiencia y apoyo técnico en materia cartográfica, de información y de sistemas geográficos con las siguientes dependencias gubernamentales:

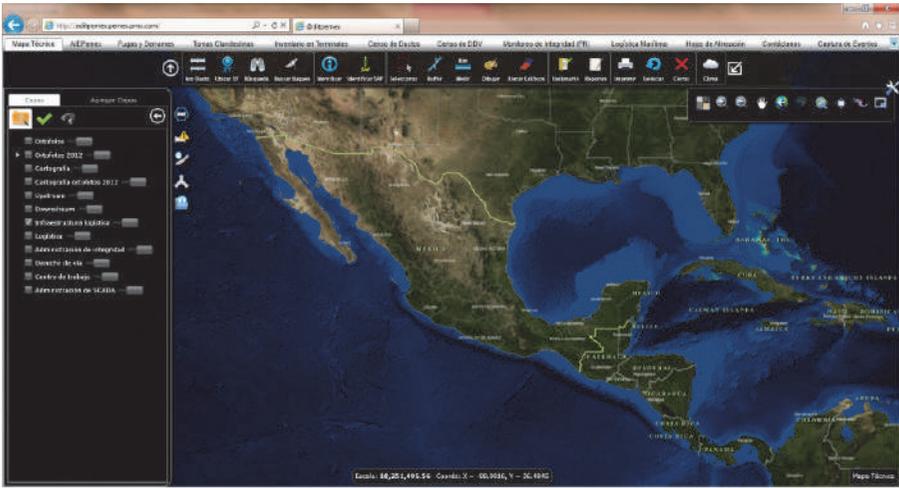


Figura 4. Plataforma @DIT a partir de la cual opera la aplicación cartográfica de la iniciativa @DITPEMEX desarrollada principalmente para las áreas técnicas corporativas de PEMEX. Aquí se muestra la pantalla inicial, dónde se pueden apreciar arriba las pestañas temáticas, el árbol de capas a la izquierda y los controles de vista, medición y análisis geográfico arriba y a la derecha.

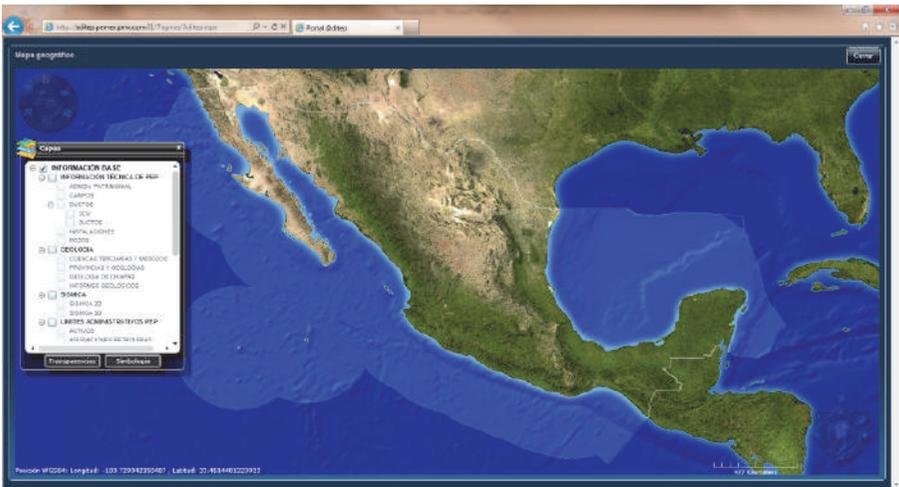


Figura 5. Plataforma @DIT a partir de la cual opera la aplicación cartográfica de la estrategia @DITEP, desarrollada para las áreas técnicas de Pemex Exploración y Producción. Aquí se muestra la pantalla inicial, dónde se destaca arriba a la izquierda transparente el menú de funciones el árbol de capas, abajo a la derecha los controles de vista también transparentes.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- Secretaría de Energía (SENER)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- Secretaría de Marina (SEMAR)
- Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- Secretaría de Gobernación (SG)
- Secretaría de Educación Pública (SEP)
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Registro Agrario Nacional (RAN)
- Servicio Geológico Mexicano (SGM)
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT)

Plataformas tecnológicas y aplicaciones cartográficas

Una de las plataformas tecnológicas más importantes que ahora opera en PEMEX es GeoPEMEX 3D, sistema en tres dimensiones, que inició operaciones en 2006 y que fue desarrollado por personal de PEMEX.

Esta plataforma además de contar con un paquete básico de funciones e información petrolera y geográfica de uso común, destaca por haberse desarrollado sobre ella una aplicación que rastrea barcos petroleros a nivel mundial, con la que se pueden ubicar alrededor de 12,000 embarcaciones vía sus sistemas de navegación GPS (Global Positioning System). Esta información resulta esencial y estratégica en la carga y descarga de petrolíferos, ya que permite a PEMEX obtener ahorros sustanciales en sus operaciones marítimas.

Esta plataforma requiere la instalación de un programa previo para su operación y es capaz de desplegar un gran número de capas, debido a su flexibilidad de obtener información a partir de bases de datos comerciales y de servicios Web.

La nueva plataforma tecnológica que es una versión desarrollada y evolucionada del GeoPEMEX 3D, empezó a funcionar en el año 2010, se llama GeoPEMEX 3D Analítico, también muestra datos en tres dimensiones, se alimenta con un servidor de mapas propietario y opera sobre el navegador de Internet.

El objetivo de esta plataforma fue el proporcionar al usuario una base geográfica en tres dimensiones, en la que se pudiera incorporar gran cantidad de la información cartográfica que se requiere para el desarrollo de las funciones en muchas áreas de PEMEX. Ahora su visualizador despliega una infinidad de capas geográficas, incluso muchas de las que se visualizan en otras plataformas.

La siguiente plataforma cartográfica @DIT, nombrada así por su función de integrar datos e información técnica, opera en dos dimensiones y actualmente se le ha incorporado funcionalidad adicional a la básica, como consulta de bases de datos

externas, análisis geográficos, generación de gráficas y ligas en línea con sistemas técnicos y financieros de PEMEX.

La plataforma se alimenta con su propia base de datos espacial y opera sobre el navegador de Internet. Hasta ahora se han desarrollado dos aplicaciones cartográficas que apoyan a departamentos técnicos de PEMEX, una es el visualizador geográfico de la iniciativa @DITPEMEX, que integra un banco de datos para apoyar a las áreas técnicas de la Dirección Corporativa de Operaciones de PEMEX.

La otra aplicación desarrollada con base en la plataforma @DIT, es el componente cartográfico de la iniciativa @DITEP, que es una estrategia para la integración de un banco de datos en apoyo de las actividades de PEMEX Exploración y Producción. Esta aplicación además de contar con las funciones tradicionales, cuenta con un completo paquete de análisis geográfico y generación de consultas y reportes.

Las aplicaciones cartográficas son los programas o sistemas desarrollados a partir de las plataformas tecnológicas, que son diseñados, configurados y administrados en función de las necesidades de información geográfica de los usuarios.

Una aplicación cartográfica busca proporcionar la información necesaria en el momento preciso, con objeto que el usuario disponga de elementos que le permitan tomar decisiones para el mejor desarrollo de los procesos sustantivos de la empresa, como: la exploración, la perforación, la extracción, la producción, el transporte, la refinación y la distribución de hidrocarburos.

En los últimos tres años se han desarrollado varias aplicaciones cartográficas con base en la plataforma GeoPEMEX 3D Analítico, entre las que destacan el sistema de catastro petrolero o de administración patrimonial, el sistema de áreas de influencia y generación de rutas de traslado terrestre para la distribución de gas licuado, el sistema administrador de franquicias de estaciones de servicio (gasolineras) y el sistema para la ubicación de servicios médicos alternos para los empleados de PEMEX.

En apoyo a otras aplicaciones cartográficas, se le han incorporado datos nuevos a la plataforma GeoPEMEX 3D Analítico, como modelos industriales en tres dimensiones, fotografías oblicuas, fotografías terrenas de 360°, ortofotos de 10cm de resolución y el modelo de elevación ASTER de 30m de resolución.

Las aplicaciones cartográficas sobre la plataforma @DIT también han experimentado mejoras considerables en los últimos años, a la aplicación cartográfica de la iniciativa @DITEP, se le incorporó la siguiente funcionalidad:

- Generación de perfiles topográficos
- Carga de archivos en formato geográfico (extensión .shp)
- Búsquedas complejas, dónde se incorporan varias condiciones geográficas, como dentro de este campo petrolero o en las cercanías de esta localidad
- Generación de áreas de influencia por medio de líneas o puntos (áreas buffer)

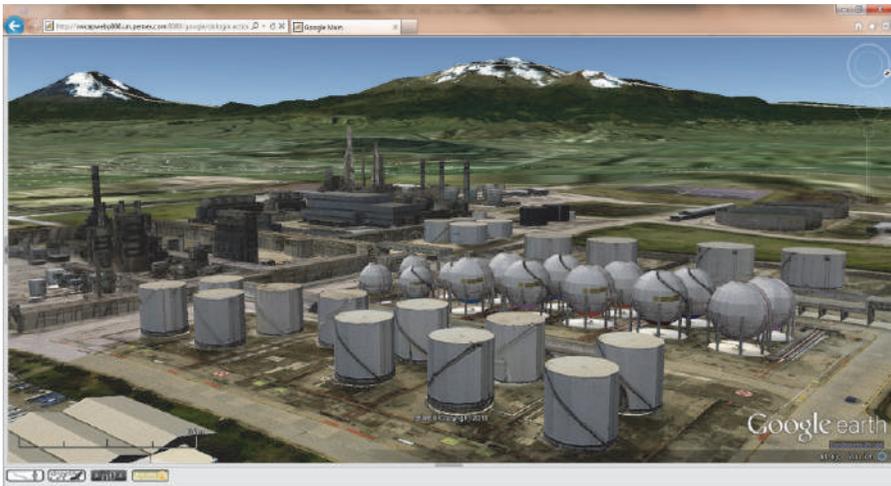


Figura 6. Modelos tridimensionales en la plataforma cartográfica GeoPEMEX 3D Analítico. Aquí se muestra un acercamiento al área de tanques y esferas del Complejo Petroquímico Independencia, en San Martín Texmelucan, Puebla. Al fondo se aprecian los volcanes del Valle de México, representados por medio del modelo de elevación ASTER de 30m de resolución.

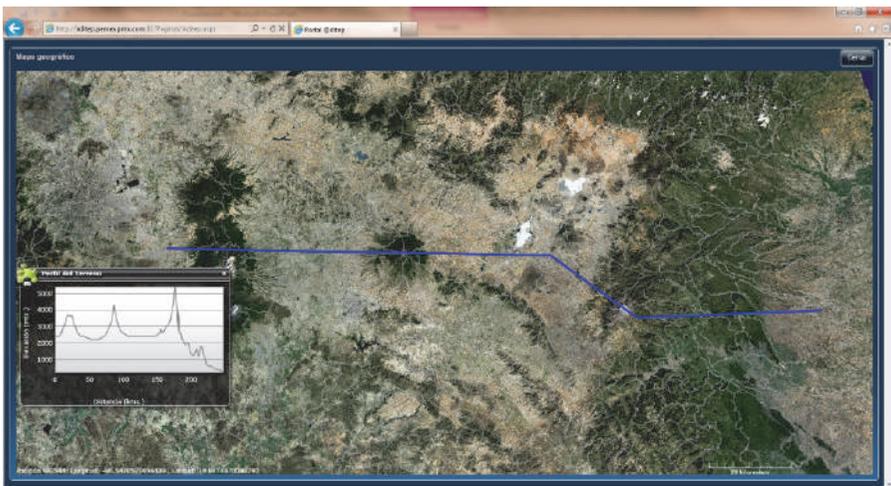


Figura 7. Perfil topográfico desde el Valle de México hasta la llanura costera veracruzana, pasando por las faldas del Iztaccíhuatl, por la Malinche y por el Pico de Orizaba, generado con el componente cartográfico de la estrategia @DITEP, desarrollado para Pemex Exploración y Producción. En el recuadro abajo a la izquierda, se aprecia el perfil topográfico, en la vertical la altitud y en la horizontal la longitud.

A la aplicación cartográfica @DITPEMEX, se le adicionaron las siguientes mejoras:

- Información de fugas y derrames en los ductos y en las instalaciones petroleras
- Censo de ductos de transporte de PEMEX
- Listado de tomas clandestinas sobre la red de ductos de PEMEX
- Búsqueda y localización de buques tanque de PEMEX
- Componente de logística marina, que apoya las operaciones portuarias de PEMEX

Un tema al cual se le pone especial atención en el desarrollo de aplicaciones cartográficas, es el de los datos con los que va a operar el sistema, ya que con mucha frecuencia éstos requieren gran inversión de recursos.

Por lo general la información para la operación de las aplicaciones cartográficas proviene de las áreas usuarias que son propietarias y autoras de los datos, pero en otras ocasiones esta información debe obtenerse de otras áreas de PEMEX, de instituciones gubernamentales externas o incluso debe levantarse porque no existe.

Uno de los principios con los que se desarrollan actualmente las aplicaciones cartográficas en PEMEX, es que las áreas usuarias, propietarias y autoras de los datos, sean las responsables de administrarlos y actualizarlos, para esto se desarrollan menús para cargar, modificar y borrar información.

Un punto a destacar con respecto a las funciones de las aplicaciones cartográficas, es que gran parte de ellas se incorporan conforme el usuario las solicita. En un principio se configura un paquete básico acordado en el diseño y planeación de la aplicación. Las nuevas funciones se complementan cuando los usuarios sustituyen sus procesos tradicionales por nuevos procesos basados en el sistema.

El primer paso para desarrollar una aplicación cartográfica, es identificar un requerimiento de información y confirmar que la plataforma seleccionada cubra las necesidades de funcionalidad y análisis; y el segundo, es diseñar y planear el desarrollo de la aplicación en conjunto con los usuarios del área solicitante.

El desarrollo de una aplicación cartográfica implica básicamente dos líneas de trabajo, por un lado, la configuración de la plataforma con la imagen institucional, los menús necesarios, las funciones específicas y los análisis geográficos y; por el otro, la integración de las capas geográficas que permitirán que la aplicación lleve a cabo las funciones para las que fue creada.

Próximas acciones

- Fortalecer y ampliar los convenios de colaboración técnica e intercambio de experiencias e información geográfica.
- Mejorar el papel de proveedor de servicios geoespaciales con las áreas usuarias.

- Continuar con la integración del banco central de datos geospaciales para fortalecer el Sistema de Información Geográfica de la Industria Petrolera.
- Homologar las plataformas tecnológicas existentes para mejorar el desarrollo de las aplicaciones cartográficas institucionales.
- Continuar con el levantamiento de modelos tridimensionales, ortofotos y fotografías 360° de las instalaciones petroleras estratégicas.

Bibliografía

- Álvarez, J. (2006). “Crónica del petróleo en México. De 1863 a nuestros días”, *Petróleos Mexicanos*, Distrito Federal, México.
- Caire, J. (2002). *Cartografía Básica*, Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, D.F.
- Conesa, C. y Martínez, J. B. (2004). *Territorio y medio ambiente: métodos cuantitativos y técnicas de información geográfica*, Edición Universidad de Murcia, España.
- Joly, F. (1982). *La Cartografía*, traducción de Julio Morencos Tevar, Editorial Ariel, Barcelona, España.
- PEMEX, Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica (2004). “Política General de Información Geográfica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios”, documento en normateca institucional, Distrito Federal, México.
- , Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica (2010). “Manual de Organización de la Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica”, documento normativo interno, Distrito Federal, México.
- , Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica (2010). “Manual de Procedimientos de la Subgerencia de Sistemas de Información Geográfica”, documento normativo interno, Distrito Federal, México.
- Pérez, C. y Muñoz, A. L. (2006). *Teledetección, nociones y aplicaciones*, Editorial de la Universidad de Salamanca, España.
- Valdez, M. E. y Franco, S. (2003). “Principios Básicos de Cartografía y Cartografía Automatizada”, Editorial de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Cartografía, corredores y cooperación: la búsqueda de soluciones transfronterizas en las fronteras amazónicas

David S. Salisbury*
Diego B. Leal**
Andrea B. Chávez Michaelsen***
Bertha Balbín Ordaya****
A. Willian Flores de Melo*****
Pedro Tipula Tipula*****
Maria Luiza Pinedo Ochoa*****

Abstract

Implementation of conservation and development in the Amazon borderlands requires effective transboundary coordination. Updated, readily understandable, and transboundary cartography becomes increasingly essential in Southwestern Amazonia as residents and decision makers attempt to mitigate the socio-environmental challenges and impacts in the borderlands. The lack of updated borderland cartography complicates the planning of development, integration, and conservation pro-

* Associate Professor of Geography, University of Richmond, Richmond, Estados Unidos, correo electrónico: dsalisbu@richmond.edu

** University of Richmond, Richmond, Estados Unidos, correo electrónico: diego.lealpereira@richmond.edu

*** Centro de Teledetección para el Estudio y Gestión de Recursos Naturales de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú, correo electrónico: andreabirgitchavez@gmail.com

**** Miembro Nacional de la Comisión de Geografía, Sección Nacional IPGH, Perú, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, correo electrónico: balbinordava@gmail.com

***** Profesor Asistente, Centro de Ciencias Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Brasil, correo electrónico: willianflores@gmail.com

***** Instituto del Bien Común; Comisión de Geografía, Sección Nacional IPGH, Perú, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, correo electrónico: ptipula.abc@gmail.com

***** Coordinadora Ejecutiva, Comissão Pró-Índio do Acre, Brasil, correo electrónico: malu@cpiacre.org.br

jects at a variety of different scales. The Transboundary Geographic Group of Southwestern Amazonia (GTASO) has created a network to continuously exchange geographic information, resulting in a June 2013 workshop and the creation of five transboundary thematic maps of the Amazon regions of Ucayali and Madre de Dios (Peru), Acre (Brazil) and Pando (Bolivia). These cartographic products allow the map reader to interpret the socio-environmental dynamics, and a range of conservation and development projects being formulated in this environmentally, economically, and socially sensitive region. The GTASO initiative identifies the cartographic challenges to be overcome to realize effective transboundary integration within Amazonia.

Key words: *Cartography, Amazonia, Borders, Geography.*

Resumen

Implementar la conservación y el desarrollo en las fronteras políticas de la Amazonía requiere de una coordinación transfronteriza efectiva. En la Amazonía Sud Occidental, contar con una cartografía actualizada, entendible y compartida a través de fronteras es cada vez más esencial para mitigar las problemáticas, impactos y desafíos socio-ambientales de las zonas fronterizas de la región. La falta de actualización de la cartografía de estas zonas fronterizas impacta proyectos de desarrollo, integración y conservación planeados desde distintas escalas. El Grupo Geográfico Transfronterizo de la Amazonía Sud Occidental (GTASO) ha creado una red transfronteriza de intercambio continuo de información geográfica, resultando en la elaboración de cinco mapas temáticos transfronterizos de las regiones Ucayali y Madre de Dios (Perú), Acre (Brasil) y Pando (Bolivia) en junio del 2013. Dichos productos permiten visualizar la dinámica socio-ambiental y los diversos proyectos que actualmente se formulan sobre este territorio de alta sensibilidad física, social, económica y ambiental. Esta iniciativa entre los estados amazónicos mencionados ha permitido identificar los desafíos cartográficos a superar en el camino hacia la integración transfronteriza amazónica.

Palabras clave: *cartografía, Amazonía, fronteras, geografía.*

Introducción

La Amazonía contiene una inmensa selva tropical de 7.8 millones de kilómetros cuadrados que cruza nueve naciones (RAISG 2012). Esta selva tropical, la más grande del mundo, juega un papel fundamental en el mantenimiento de ciclos bio-geoquímicos, reservas de carbono, servicios ambientales y biodiversidad (Davidson *et al.*, 2012; Garda *et al.*, 2010). A pesar de la importancia de la región, factores tales como su tamaño, diversidad y políticas diversas, crean desafíos para implementar tanto la conservación como el desarrollo y, aún más, para reconciliar estos dos objetivos. Por ello, para tener un planeamiento exitoso en las fronteras

que unen y dividen a los nueve países de la Amazonía, se necesita una coordinación transfronteriza que cruce múltiples escalas. Esta coordinación depende no sólo de entendimiento y esfuerzo entre dos o más países, sino también de una cartografía actualizada, entendible y compartida por ambos lados de la frontera. Históricamente, las regiones amazónicas de los nueve países han sido una tabula rasa (Hecht, 2013) para su respectivo centro de decisión: Lima, Quito, Brasilia, Caracas, etc. Aún menos conocida ha sido la Amazonía del país vecino, a pesar de una serie de booms económicos como los de la shiringa, el jute, la cinchona y otros todavía en proceso como la madera, la coca y el petróleo. En este momento, las fronteras amazónicas permanecen como algunos de los lugares terrestres menos explotados y entendidos, a pesar de mega-iniciativas como la Iniciativa para la Integración de la Región Sudamericana (IIRSA) (Killeen, 2007; Salisbury *et al.*, 2013) y nuevas estrategias como la creación de mega-reservas (Laurance, 2005; Peres, 2005) y corredores de conservación Pan-Amazónicos (Garda *et al.*, 2010). Paralelo a los megaproyectos, existen esfuerzos entre estados y fronteras a nivel local que requieren la misma información aunque no resultan en el mismo impacto. Todas estas iniciativas y contra-iniciativas dependen de un entendimiento geográfico de estas zonas transfronterizas, un entendimiento mejor compartido a través de una cartografía transfronteriza. Este artículo explica una iniciativa cartográfica y transfronteriza entre los estados amazónicos de Ucayali y Madre de Dios (Perú), Acre (Brasil) y Pando (Bolivia). Antes de presentar los resultados alcanzados y desafíos encontrados en este taller, pretendemos introducir la región de la Amazonía sud-occidental y su cartografía existente.

El territorio fronterizo compartido por las regiones Ucayali (Perú), Madre de Dios (Perú), Acre (Brasil) y Pando (Bolivia) es un espacio geográfico de alta sensibilidad física, social, económica y ambiental, dadas sus características de ubicación geográfica: clima tropical, escasa accesibilidad, abundantes recursos naturales, alta diversidad biocultural y aislamiento en relación a los respectivos gobiernos centrales. Este territorio fronterizo incluye zonas tales como la frontera Acre-Ucayali y Acre-Madre de Dios, ocupadas en su mayoría por diversas poblaciones indígenas. Estas regiones han visto en los últimos años un incremento en actividades de extracción de recursos y proyectos de infraestructura. Dichas actividades incluyen explotación de madera, exploración petrolera y la planificación de proyectos transfronterizos hidroeléctricos y de infraestructura vial, entre otros. Tomando en cuenta los impactos de estas y otras situaciones fronterizas, se ha identificado la oportunidad de producir información geográfica transfronteriza sobre corredores socioambientales para resaltar los desafíos y opciones para la protección de la diversidad biocultural y el desarrollo sostenible de la región.

Sin embargo, la base cartográfica de cualquier iniciativa en las fronteras amazónicas consiste en la cartografía oficial de los países involucrados. Como veremos a continuación, la cartografía oficial también presenta grandes desafíos.

Las Cartas Nacionales de Perú

El mapa oficial de Perú consiste en 504 mapas topográficos (Cartas Nacionales) producidos a una escala de 1:100,000. Estos mapas fueron elaborados sistemáticamente aún que las fuentes de datos, las fechas de colección de los datos y las instituciones involucradas han variado desde 1970. El predecesor del Instituto Geográfico Militar (IGN), utilizaba imágenes de radar, fotografías aéreas y trabajo de campo para delinear los mapas antiguos (Smith *et al.*, 2003). Mapas producidos después de 1980 también utilizan las imágenes de radar y la fotografía aérea, pero fueron compilados por el Defense Mapping Agency (DMA) del Departamento de Defensa de Estados Unidos junto con el IGN. Estos socios completaron el primer mapa topográfico a escala nacional en 1983. En 1996 la National Imagery Mapping Agency absorbió a la DMA, pero continuó trabajando con el IGN para producir mapas topográficos de Perú, a pesar de que los mapas más recientes se basan ahora en imágenes de sensores satelitales ópticos en lugar de fotografías aéreas (Salisbury, 2007).

RADAMBRASIL y el ZEE de Acre, Brasil

El proyecto RADAMBRASIL es la base de la cartografía amazónica de Brasil. Este proyecto empezó en 1970 y, por los 15 años siguientes, obtenía imágenes de radar y fotografías aéreas de todo el país de Brasil, así como de más de mil muestras de suelos. Con base en la interpretación de las imágenes, fotografías y otros datos, Brasil creó datos espaciales y elaboró textos analíticos y mapas temáticos sobre pedología, geología, vegetación, geomorfología, uso de la tierra y uso de recursos naturales. Los datos de RADAMBRASIL sirven como referencia en los proyectos de Zoneamiento Ecológico de la Amazonía Brasileña.

El estado de Acre, Brasil, tiene un Zoneamiento Ecológico y Económico, ratificado como ley por el gobierno federal. El ZEE de Acre aprovechó el RADAMBRASIL para mapear el uso de la tierra y definir prioridades para el manejo de la tierra y sus recursos. Inicialmente, en el 2001, el ZEE-Acre producía mapas a la escala de 1:1,000,000 y después, en 2007, terminó de producirlos a la escala de 1:250,000. El ZEE de Acre es una herramienta importante no solo para regular actividades, sino también para buscar oportunidades de recibir financiamiento para el mantenimiento de servicios ambientales (EDF, 2010).

La Cartografía Nacional de Bolivia

El mapa oficial de Bolivia consiste en 436 mapas topográficos producidos a una escala de 1:100,000. Estos mapas contienen varias fuentes de datos, fechas de colección de los datos e instituciones involucradas desde los principios de la década de los ochenta. El Instituto Geográfico Militar trabajaba con el Defense Mapping

Agency (DMA) del Departamento de Defensa de Estados Unidos utilizando imágenes de radar, fotografías aéreas y trabajo de campo para crear los mapas. Los primeros mapas empezaron a publicarse en 1990 (Parry y Perkins, 2000).

Cartografía amazónica

Leyendo las descripciones anteriores sobre las cartografías nacionales, se observa que la cartografía base de Perú, Brasil y Bolivia depende de imágenes y fotografías producidas en años anteriores a 1990. Este hecho es particularmente importante en la Amazonía por el alto dinamismo de la geografía física y humana. La geografía física es caracterizada por ríos con flujos enormes de agua corriendo por un gradiente bajo, lo cual significa que los ríos cambian su curso de una manera rápida y difícil de adivinar (Abizaid, 2005; Salisbury, 2007). La vegetación también es dinámica, con la capacidad de cambiar de no bosque a bosque en sólo años en vez de décadas. Este dinamismo en la geografía física también afecta a la geografía humana, debido a que históricamente, las poblaciones se han reubicado dependiendo del movimiento de los ríos y los cambios en la cobertura. Además, los ciclos económicos de la Amazonía aseguran que poblaciones aparezcan y desaparezcan, no sólo por el cambio del curso del río o la agricultura migratoria, sino también por las demandas del mercado global y los límites de los recursos amazónicos, entre otras razones. Entonces, la cartografía amazónica necesita ser constantemente actualizada o de lo contrario, siempre va a mostrar ríos con cursos antiguos y poblaciones fantasmas. La falta de actualización de la cartografía en las regiones Ucayali (Perú), Madre de Dios (Perú), Acre (Brasil) y Pando (Bolivia) tiene impactos no sólo en los mapas sino en cualquier proyecto o sistema de manejo que por ley necesita estar basado en la cartografía nacional. Investigaciones en Acre (Salisbury, 2002) y Ucayali (Salisbury, 2007) han mostrado errores graves en la cartografía oficial y los impactos en proyectos de desarrollo y conservación. La planificación de desarrollo y conservación es aún más difícil cuando las iniciativas se ubican en zonas fronterizas, ya que hace falta conocimiento sobre el otro lado de la frontera. Para enfrentar estos desafíos, un grupo de geógrafos y técnicos ambientales decidieron tomar la iniciativa.

Talleres Transfronterizos

Del 3 al 7 de junio del 2013 se realizó el Taller “Corredores Socio-Ambientales en la Amazonía Sud Occidental”, en la ciudad de Rio Branco, Brasil. Con apoyo financiero del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Blue Moon Fund, Fundo Socioambiental CASA y Rainforest Foundation – Noruega, este taller reunió a más de 25 profesionales de 17 instituciones de cuatro países: Perú, Brasil, Bolivia y los Estados Unidos de América. El taller fortaleció la red transfronteriza de inter-

cambio continuo de información geográfica, brindó oportunidades para desarrollar la capacidad técnica de sus participantes, permitió el intercambio de información geográfica actualizada, y generó productos útiles que permiten hacer visible la dinámica socio ambiental y los proyectos de integración de infraestructura de “interés nacional” que se están formulando sobre este territorio (Leal *et al.*, 2013). Antes de analizar los resultados, productos y desafíos del taller, es importante describir sus antecedentes del 2012.

2012: Grupo Técnico Geográfico Transfronterizo Acre Ucayali

En junio de 2012 se formó el Grupo Técnico Geográfico Transfronterizo Acre Ucayali (GTGTA-U), en un taller realizado en la ciudad de Pucallpa, Perú. El Taller de Integración de Datos y Desarrollo de Capacidades Técnicas para Mitigar los Desafíos Ambientales en la Amazonía Peruana y Brasileña fue organizado con apoyo financiero del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, para desarrollar alianzas institucionales y gubernamentales, así como generar bases de datos espaciales para la creación de mapas de estas regiones fronterizas. Los productos y reportes del Taller 2012 han sido ampliamente utilizados por actores gubernamentales y no gubernamentales, tanto en Ucayali como en Acre, así como publicados en medios de comunicación y académicos internacionales (Salisbury *et al.*, 2012a; Salisbury *et al.*, 2012b; Salisbury *et al.* en prensa). El taller produjo cuatro mapas transfronterizos, pero lo más importante que alcanzó el GTGTA-U fue la formación de una red de trabajo transfronterizo, iniciando así un camino hacia la integración basado en la realidad geográfica transfronteriza.

2013: Grupo Geográfico Transfronterizo de la Amazonía Sud Occidental

El GTGTA-U se transformó en el Grupo Geográfico Transfronterizo de la Amazonía Sud Occidental (GTASO) después de incorporar a Pando, Bolivia y Madre de Dios, Perú en el Taller “Corredores Socio Ambientales en la Amazonía Sud Occidental” en junio de 2013. Este nuevo taller pretendía continuar con las metas del año anterior y además tenía los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una conferencia para compartir información geográfica e investigaciones, con el público en general, sobre las áreas fronterizas de las regiones Acre, Ucayali, Madre de Dios y Pando
- Actualizar bases de datos con información geográfica de Acre, Ucayali, Madre de Dios y Pando
- Redefinir el grupo de trabajo geográfico transfronterizo, incorporando a las regiones Madre de Dios y Pando, para comprender de forma más completa las zonas fronterizas dentro de la Amazonía Sud Occidental

- Elaborar cinco mapas temáticos del área geográfica transfronteriza conformada por las regiones Acre, Ucayali, Madre de Dios y Pando:
 - Un mapa base de áreas naturales protegidas y territorios indígenas
 - Un mapa de corredores socio ambientales en la zona
 - Un mapa de corredores de infraestructura vial y áreas de influencia
 - Un mapa de impactos en cuencas
 - Un mapa de desafíos cartográficos en estas zonas fronterizas
- Actualizar la información geográfica compartida durante el Taller 2012
- Describir los metadatos recopilados
- Elaborar un plan integrado para la sostenibilidad del grupo, sus procesos y los datos compartidos
- Identificar municipalidades e instituciones fronterizas para hacerles entrega de los productos finales del Taller 2013 en formato físico y digital
- Crear una lista de los vacíos de datos geográficos de las cuatro regiones fronterizas
- Definir los métodos para almacenar los datos compartidos
- Analizar la información y los productos producidos
- Institucionalizar la colaboración futura entre los participantes e instituciones representadas
- Hacer una declaración conjunta de los participantes del taller para el establecimiento de relaciones de trabajo entre geógrafos y especialistas en recursos naturales de las cuatro regiones

Una conferencia sobre corredores

El primer resultado del taller fue la Conferencia “Corredores Socio-Ambientales en la Amazonía Sud Occidental”, llevada a cabo el día 4 de junio del 2013 en la Biblioteca da Floresta, Rio Branco, Brasil, consistió en 10 presentaciones de profesionales de instituciones públicas y privadas de Acre, Ucayali, Pando, Perú y los Estados Unidos de América. A la conferencia asistieron 45 personas de 27 instituciones y se dividió en tres temas principales: Información geográfica transfronteriza, Integración transfronteriza y Desarrollo e investigación. Las presentaciones se centraron en los temas de Información geográfica en zonas fronterizas, Corredores transfronterizos de infraestructura vial, Cartografía indígena e Iniciativas indígenas para la protección de zonas fronterizas.

La conferencia mostró claramente que los problemas de comunicación son mayores que los problemas técnicos. Algunos problemas y oportunidades de comunicación que se resaltaron fueron:

- La falta de comunicación y cooperación entre países multiplica los impactos socio-ambientales de los megaproyectos de inversión y no permite la posible mitigación de dichos impactos.

- La falta de articulación entre distintos niveles de estado genera confusión respecto a los roles de instituciones, duplica esfuerzos y no permite la unificación y sistematización en el uso de metodologías para generar información geográfica.
- Existe una oportunidad de aprender sobre los impactos ya visibles de la Carretera Interoceánica en Perú, Brasil y Bolivia para informar a los diálogos sobre nuevos planes de infraestructura vial (entre ellos, la conexión Pucallpa-Cruzeiro do Sul).
- La pluralidad de metodologías utilizadas para medir variables tales como la deforestación, dificultan los esfuerzos de compartir y utilizar información geográfica sobre las zonas fronterizas. Sin embargo, se reconocen los frutos que la democratización del uso de la tecnología puede tener en la creación de nueva información geográfica y el valor de los debates de discusión producto de dicha discrepancia.
- La superposición de uso de suelos en las cuatro regiones fronterizas crea serios conflictos sociales y dificulta la efectiva planificación y el ordenamiento territorial.
- Es necesario que los Ministerios de Educación, Medio Ambiente, Cultura y otros, utilicen estos productos de información geográfica para fines de educación.

Algunos problemas técnicos que se resaltaron en la conferencia fueron:

- Existen serias discrepancias en la información geográfica sobre los límites administrativos entre las regiones transfronterizas y las fronteras internacionales que comparten.
- Existen varios desafíos para representar las situaciones locales en detalle dentro de mapas fronterizos.
- Existen varios desafíos para representar, cartográficamente, los proyectos de infraestructura vial no oficiales o semi-oficiales, tales como carreteras secundarias y terciarias. Así mismo, se reconoce la oportunidad de utilizar distintas metodologías, tales como un análisis de imágenes satelitales, para observar y digitalizar estas vías.
- Existe la posibilidad y oportunidad de definir las áreas de influencia de los proyectos de infraestructura vial. Se reconoce que dichas áreas dependerán del uso que se le dé a la carretera y de las categorías de la tenencia de tierra cercana a la carretera, y que variarán entre las distintas zonas fronterizas.

Con mira hacia los problemas identificados en la conferencia, el GTASO decidió trabajar en la creación de cinco mapas transfronterizos.

Cinco mapas transfronterizos

El GTASO decidió enfocarse en cinco temas para la creación de productos cartográficos y se formaron cinco grupos de trabajo para generar los productos finales.

Actualización del mapa base

Antes de crear los otros cuatro mapas, era necesario actualizar el mapa base de unidades de conservación y territorios indígenas. Además de estas coberturas, el mapa base también incluyó hidrografía, límites internacionales, carreteras principales y capitales distritales/sedes municipales. Este grupo encontró varios desafíos durante su trabajo, pero lo más importante fue la necesidad de armonizar límites internacionales y nivelar los ríos al cruzar fronteras para que pudieran concordar con los ríos al otro lado de la frontera.

Mapa de corredores socio-ambientales

Este mapa aprovechó la información del mapa base y añadió las coberturas de centros poblados (indígenas y no indígenas), propuestas de áreas de conservación regional (Perú), áreas de influencia (*buffers*) con posible área de desplazamiento de poblaciones indígenas, y el área del corredor biológico. El desafío más grande que enfrentó el grupo fue cómo definir un “corredor socio-ambiental” y los factores que lo componen. Aunque el grupo era multidisciplinario, los participantes querían incorporar la perspectiva de biólogos y antropólogos, entre otros, para definir este concepto. Otros desafíos incluyeron: la determinación de la extensión del corredor, la definición de desplazamiento de pueblos indígenas en aislamiento, cómo compatibilizar los datos provenientes de distintas fuentes, la falta de información sobre biodiversidad, la poca información disponible de Bolivia, la representación de capas con mayor importancia dentro del corredor, y la representación de todo el corredor dentro de la escala del mapa base.

Mapa de corredores de infraestructura vial y áreas de influencia

Este mapa añadió información vial al mapa base e identificó áreas de influencia según el orden vial:

- Vías públicas asfaltadas (rodovías o principales, de acuerdo a la denominación en cada región) con un área de influencia (*buffer*) de 20km a ambos lados de la vía.
- Vías públicas afirmadas (estrada o de segundo orden, de acuerdo a la denominación en cada región) con un área de influencia (*buffer*) de 10km a ambos lados de la vía.

- Vías no públicas (*ramais* o de tercer orden, de acuerdo a la denominación en cada región) con un área de influencia (*buffer*) de 5km a ambos lados de la vía.

Estas decisiones sobre cómo clasificar vías y crear áreas de influencia fueron muy difíciles, ya que había distintas jerarquizaciones en el tema de vías en cada país, lo que dificultó el proceso de uniformización de la información. Además, varios archivos (*shapefiles*) de vías presentaron superposición, lo que dificultó la generación de las áreas de influencia (*buffers*). Estas decisiones fueron aún más difíciles cuando la comunicación entre los participantes dependía del entendimiento entre miembros que hablaban cuatro idiomas distintos: español, portugués, inglés y manchineri. Lo que sí ayudó al grupo a superar el desafío de la comunicación fue el entendimiento del software ArcGIS, que al final funcionó como un idioma compartido. Otro desafío del grupo fue encontrar las vías no oficiales en las imágenes de Google Earth, especialmente debido a las distintas fechas de las imágenes.

Mapa de amenazas de las cuencas fronterizas amazónicas entre las regiones de Ucayali y Madre de Dios en Perú, Acre en Brasil y Pando en Bolivia

Este mapa incluyó información, proveniente de fuentes oficiales como la Agencia Nacional de Águas y los Gobiernos Regionales, de las cuencas más importantes de las cuatro regiones en los tres países. Hay más de diez cuencas compartidas entre las cuatro regiones, implicando una variedad de amenazas transfronterizas con las más importantes enlistadas en el mapa. El grupo encontró varios desafíos en la elaboración del mapa, incluyendo que las cuencas no estaban editadas, los ríos transfronterizos no coincidían, por lo que es necesario trabajar en la armonización de estas capas, y la necesidad de mejorar la toponimia de las diferentes capas.

Mapa de desafíos cartográficos en zonas fronterizas

El grupo que elaboró este mapa trató de identificar las incongruencias y discordancias en la representación gráfica debido a la utilización de datos cartográficos de diversos datums para elaborar otra cartografía. Este grupo también analizó la superposición de todas las capas de infraestructura y capas temáticas trabajadas en los años 2012 y 2013 para el ámbito de estudio. Los cartógrafos seleccionaron las incongruencias visibles más representativas para ilustrar la dificultad de crear mapas transfronterizos con la cartografía oficial y otras fuentes de las cuatro regiones.

El grupo creó nueve categorías de problemas cartográficos encontrados en la elaboración de los mapas:

- Diversidad de límites
- Diversidad de escalas

- Discontinuidad de límites políticos internacionales
- Desconocimiento de la línea de frontera política conforme a tratados de límites
- Migración de datos cartográficos de un datum a otro datum
- Base desactualizada de las cartas nacionales
- Distintas metodologías en la representación de los ríos (poligonal o lineal)
- Falta de continuidad de proyectos de desarrollo transfronterizo

Resultados no cartográficos del Taller Transfronterizo

El GTASO logró resultados mayores que la creación de cinco mapas temáticos digitales integrados de las regiones Acre, Ucayali, Madre de Dios y Pando. En el proceso de elaborar dichos mapas se compartió y actualizó bases de datos de información geográfica fronteriza. También el GTASO logró añadir a Madre de Dios (Perú) y Pando (Bolivia) al grupo geográfico multidisciplinario transfronterizo, así como la creación de un nuevo nombre: Grupo Geográfico Transfronterizo de la Amazonía Sud Occidental (GTASO). Otros logros menos visibles pero muy importantes fueron el fortalecimiento institucional del grupo, el fortalecimiento de relaciones inter-institucionales y el intercambio de experiencias y amistad.

Visión al futuro

Después de analizar los objetivos, el proceso y los resultados del taller, los participantes decidieron plantear los siguientes objetivos para realizar a corto, mediano y largo plazo. El GTASO decidió seguir realizando un taller de trabajo anual para actualizar, adicionar y estandarizar información geográfica y temática transfronteriza, con el siguiente taller a realizarse en Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú. Posibles futuros enfoques temáticos del grupo son 1) deforestación y 2) subsuelo. Para seguir formalizando el GTASO, el grupo decidió investigar la creación de un logotipo para GTASO. Además, se decidió difundir los productos finales del taller 2013 a grupos con interés en las dinámicas fronterizas. Finalmente, el grupo formalmente reconoció que mitigar las problemáticas, impactos y desafíos socio-ambientales en zonas fronterizas demanda acciones integrales coordinadas entre las regiones de la Amazonía sud occidental. Pensando que las cuatro regiones están cada vez más en el blanco de grandes proyectos de desarrollo y conservación, el GTASO recomienda actualizar la cartografía oficial en estas zonas amazónicas para poder ordenar el espacio y reconocer la geografía existente (física y humana) antes de la realización de dichos proyectos. La rápida evolución de la tecnología moderna de sensoramiento remoto y Sistemas de Información Geográfica indica que la Amazonía ya no debe depender de cartografías oficiales basadas en tecnología de los años ochenta.

Bibliografía

- Abizaid, C., (2005). “An Anthropogenic Meander Cutoff Along the Ucayali River, Peruvian Amazon”, *Geographical Review*, 95(1):122-35.
- Davidson, E.A., de Araújo, A.C., Artaxo, P., Balch, J.K., Brown, I.F., Bustamante, M.M.C., Coe, M.T., DeFries, R.S., Keller, M., y Longo, M., (2012). “The Amazon Basin in Transition”, *Nature*, 481(7381):321-328.
- Environmental Defense Fund (EDF), (2010). “Ready for REDD: Acre’s State Programs for Sustainable Development and Deforestation Control”, <http://www.edf.org/sites/default/files/Acre_Ready_for_REDD_EDF.pdf>.
- Garda, A.A., da Silva, J.M.C., y Baiao, P.C., (2010). “Biodiversity Conservation and Sustainable Development in the Amazon”, *Systematics and Biodiversity* 8(2):169-175.
- Hecht, S.B. (2013). *The Scramble for the Amazon and the “Lost Paradise” of Euclides da Cunha*. The University of Chicago Press, Chicago, 1-632 pp.
- Killeen, T.J. (2007). “A Perfect Storm in the Amazon Wilderness: Development and Conservation in the Context of the Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America (IIRSA)”, *Advances in Applied Biodiversity Science*, 7th ed., Arlington, VA: Conservation International, <http://www.conservation.org/publications/Documents/AABS.7_Perfect_storm_English.low.res.pdf>.
- Laurance, W.F., (2005). “When bigger is better: The Need for Amazonian Mega-Reserves”, *Trends in Ecology & Evolution*, 20(12):645-648.
- Leal, D.B., Balbín Ordaya, B.O., Flores de Melo, A.W., Ochoa, M.L., Tipula Tipula, P., Salisbury, D.S., (2013), “Informe Técnico Final: Taller Corredores Socio Ambientales en la Amazonía Sud Occidental”, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Rio Branco, Acre, Brasil, pp. 1-40. <http://www.ipgh.org/Comisiones/CARTOGRAFIA/Inf-Tec/2013/CART-07_2013.pdf>.
- Parry, R. y Perkins, C. (2000). *World Mapping Today*, Bouker-Saur, Reino Unido, pp. 1-650.
- Salisbury, D.S. (2002). *Geography in the jungle: Investigating the utility of local knowledge for natural resource management in the western Amazon*, tesis de Maestría, University of Florida, Gainesville, pp. 1-203.
- (2007). *Overcoming Marginality on the Margins: Mapping, Logging, and Coca in the Amazon Borderlands*, tesis de Doctorado, University of Texas, Austin, 1-345 pp.
- Salisbury, D.S., Flores de Melo, A.W., y Balbín Ordaya, B., (2012). “Taller Transfronterizo para la Amazonía Peruana y Brasileña”, *El Geógrafo*, 8 (agosto, 2012):25-26, <http://www.ign.gob.pe/pages/catalogo_geografo8/>.
- Salisbury, D.S., Flores de Melo, A.W., Vela Alvarado, J., y Balbín Ordaya, B., (2012). “Amazonian States Map Threatened Borderlands”, *ArcNews*, 34(3),

- (otoño, 2012):33, <<http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/amazonian-states-map-threatened-borderlands.html>>.
- Salisbury, D.S., Castro Sánchez Moreno, M., Dávalos Torres, L., Guimaraes Vásquez, R., Saito Diaz, J., Tipula Tipula, P., Treneman Young, A., Arana Courrejoles, C., y el Grupo de Monitoreo de Megaproyectos Región Ucayali, (2013). “Border integrations: The fusion of political ecology and land-change science to inform and contest transboundary integration in Amazonia”, pp. 129-149 en: *Land Change Science and Political Ecology: Synergies and Divergences*, Eds. Brannstrom, C. y Vadjunec, J.M.. Earthscan, Londres, 1-266 <<http://www.routledge.com/books/details/9780415540230/>>.
- Salisbury, D.S., Flores de Melo, A.W., y Tipula Tipula, P. (en prensa). “Transboundary Political Ecology in the Peru-Brazil Borderlands: Mapping Workshops, Geographic Information, and Socio-Environmental Impacts”, *Revista Geográfica*, vol. 152.
- Smith, R.C., Benavides, M., Pariona, M., y Tuesta, E., (2003). “Mapping the Past and the Future: Geomatics and Indigenous Territories in the Peruvian Amazon”, *Human Organization*, 62 (4):357-68.
- Peres, C.A. (2005). “Why We Need Megareserves in Amazonia”, *Conservation Biology*, 19(3)(06):728-733.
- RAISG, (2012). “Amazonia bajo presión”, en: <www.raisg.socioambiental.org>: 1-68.

¿Cartografía del Nuevo Mundo, o la América Invisible?

Luis Andrés Valenzuela Olivares*

Abstract

Being the cartography represents the geographic environment, also is what manufactures our imaginary of the territory. That is why the author raises this representation to include and keep the Americas in the “maps of the world” of Cartography the New World, like the entrance towards the conquest and Westernization.

This article includes maps of the sixteenth century, to develop the study and the debate in the design and creation as control strategies, and of power addressed through cartographic silences, framing in the contradiction to magnify and conceal the existence of these new territories, both for their communities and for the enemies. Motives that are identified and molding spatial reality, defining the modern man.

Key words: *Cartography and History, Strategies, Contradictions, Targets.*

Resumen

Siendo la cartografía la que representa el entorno geográfico, es también, la que fabrica nuestro imaginario del territorio. Es por ello que el autor plantea esta representación de incluir y reservar el continente americano en los “mapamundis”, la Cartografía del Nuevo Mundo, como la entrada hacia la conquista y la occidentalización.

En este artículo se incluyen mapas del siglo XVI, para desarrollar el estudio y el debate en su diseño y generación como en las estrategias de control y de poder, tratados a través de los silencios cartográficos, enmarcando en la contradicción de engrandecer y hasta ocultar la existencia de estos nuevos territorios, tanto para sus

* Cartógrafo y candidato a Magister en Historia, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Andrés Bello, Chile, correo electrónico: lvalenzuelaolivares@gmail.com

comunidades como para los enemigos. Motivos que se identifican y que moldean la realidad espacial definiendo al hombre moderno.

Palabras clave: *Cartografía e Historia, estrategias, contradicciones, objetivos.*

Introducción

Desde tiempos inmemorables, la humanidad ha tratado de plasmar su entorno para brindar a su comunidad, amigos, colegas, compañeros, dueños, entre otros, el mundo que los rodea, su entorno. La Cartografía ha sido la ciencia y la herramienta con que se dispone para representar el espacio geográfico, a través de normas, que más que imitar el medio ambiente identifica patrones comunes que puedan ser entendibles para la mayoría de integrantes de la sociedad y por ende, su público. Esta sociedad expresará sus normas, según el medio, el lenguaje, sus creencias (la religión), percepciones y anhelos entre otros como la cultura que los identifica. En este sentido, la cartografía y con ella el mapa, ha facilitado el conocimiento del mundo y, configurado la interpretación del orbe.

Pero, ¿qué se sabía incuestionablemente del mundo? Para ello, hay que tener en cuenta a las comunicaciones, los dueños de la información y la distribución a los diferentes estamentos. Ya no cabe duda que la Tierra siempre fue considerada redonda,¹ y que se sabía que existía una tierra que equilibraba las zonas conocidas. Aunque la tendencia hasta siglo XV² fue colocarla en un disco (T en O) y orientarla a la divinidad (Figura 1), los eruditos y la clase dominante, estaban al tanto de la existencia del “otro continente”. ¿Podemos hablar de Descubrimiento o depende desde qué punto de vista se dé el término? Si bien, la historia ha estado dada hacia la elite, a los acontecimientos importantes y a una larga duración, es parecer que el Descubrimiento de América como empresa y concepto, fue pensado tanto para el común de las personas como para los nativos de la nueva tierra, los subordinados de la Monarquía. En ellos, se educan y se someten a las ideas del vencedor, del patrón o encomendero y del clérigo, que si bien, el imaginario del Nuevo Mundo debía articular, la cartografía mental de los individuos también se debía de ocultar, ante los enemigos y a los intereses personales que se desarrollaban en las ideas de los notables.³

Hay que tener en cuenta que la generación, producción, desarrollo y publicación de cartografía de la europea conquistadora estaba asociada a los hombres de poder, los que contaban con casas y escuelas de producción de cartografía, sin olvidar a la

¹ El concepto de redondez de la Tierra ha ido cambiando gracias a los avances tecnológicos y a las ciencias geodésicas. Si para el siglo XV la Tierra se representaba en un disco, para el siglo XXI representa un geoide. Esta forma se asemeja más, ya que coincide con el nivel medio del mar.

² Erwin Raisz, *Cartografía General*, trad. José Mantero, Barcelona, Omega, 1959, p. 26.

³ Este punto lo baso en las ideas de expansión territorial, que se incluyen dentro de la geopolítica para representar en los mapas los acuerdos y tratados de comercio, económicos y militares.

Iglesia, que como organización política se dedicaba a la difusión y censura tanto de libros como de imágenes (en las que se incluían los mapas), desempeñando el papel de educadora de la población y que integraba en sus filas a los más ilustres cosmógrafos. La mayoría de ellos, de la orden jesuita, quedando dentro de las funciones de sus miembros, la estrategia militar, la gestión de las arcas y la confesión de las elites.



Figura 1. Günther Zainer, *Etimologías de Isidoro de Sevilla* (1472), Augsburg. Esta representación de la Tierra muy común antes del siglo XV, podría corresponder más que indicar todo el mundo conocido, a una proyección Estereográfica. Representación impresa del mapa de T en O, ilustrando la primera página del capítulo XIV, donde los continentes aparecen como dominios de los hijos de Noé: Sem (Sem), Iafeth (Jafet) y Cham (Cam).

Las cartografías que se publicaron del Nuevo Mundo como mapas, mapamundis, globos terráqueos, planos, entre otros, respondían a la solicitud y el gusto de los bienhechores, los que podían imprimir su sello y estampa a la interpretación y representación de la América Colonial. Muchas de las interpretaciones estaban basadas en cartas y relatos que llegaban desde las Indias y que respondían a la comunicación entre el receptor y emisor (sus mapas mentales), este imaginario lleva consigo elementos propios que “filtraban” la realidad conforme a sus condiciones culturales, económicas y fisiológicas.⁴

⁴ Jorge Espinoza, “Cartografía mental: una alternativa para la comprensión del comportamiento espacial del habitante urbano”, *Revista Trilogía*, vol. 23, núm. 24, Santiago de Chile, 1995. También se puede revisar: Charles Taylor, *Imaginario sociales modernos*, trad. Vilà Vernis, Ediciones Paidós, Barcelona, 2006.

Si observamos esta “evolución” del Nuevo Mundo en el papel,⁵ y en especial los mapamundis, vemos que muchos de ellos, siguen una tendencia: por el eje central y por la incorporación del continente americano. Este último encontrado en diferentes proporciones (forma y superficie), ubicaciones y precisiones (Figuras 2 y 3). Por el contrario, existen otros —que han podido ser rescatados—, que demuestran una gran perfección tanto en la superficie como en la forma y el detalle que quieren representar (Figuras 4 y 5). Estos mapas afectan el modelo evolutivo de la cartografía y, nos hacen requerir una reinterpretación y discusión de los hechos.

Podemos definir que el territorio americano cumplía un propósito tanto para la Corona como para la Iglesia, una expansión a su política imperial de cristianización que se ve reflejada en ambas indias.⁶ Para los emigrantes ibéricos, América se basa —en especial— en trascender las fronteras, sus visiones e intereses, obtención de riquezas y tierras, (la tierra prometida, el sueño americano),⁷ lo que conlleva más que alumbrar el Nuevo Mundo a esconder este territorio, en parte por estrategias tanto políticas como militares, que identifican la abundancia de superficie como la supremacía respecto de las otras coronas, en oposición a disimular esta grandeza en la visión de occidente a los ultramarinos y a los propios peninsulares, la visión de la evolución del mundo en favor del poder y sometimiento de las masas, el pueblo. De esta manera, en este artículo, se tratan algunas causas que interfieren en la representación y con ella la interpretación del Nuevo Mundo, forjando en América, el continente imaginario más que el continente de las oportunidades, lo que se tradujo en una contradicción a la hora de representar a través de los trazos cartográficos el Nuevo Mundo. Hay que destacar, que en esta derivación que existen en expresar el poder político de expansión territorial y con ella el propósito a una globalización o mundialización también llamada “occidentalización” como lo menciona Miguel Ángel Cabrera,⁸ la cartografía nos favorece como herramienta de análisis e interpretación de la sociedad, donde se conjugan los pactos y secretos, los silencios de una época, intereses de poder, que interpretan las fronteras y territorios en el diseño del Nuevo Mundo. Como detalla Harley, “los silencios políticos de los mapas, tanto para mi interpretación de la naturaleza de la cartografía del Estado como para las diversas maneras en que los mapas se utilizaron para conservar y legitimar el poder

⁵ Los mapas confeccionados en el siglo XVI y XVII se realizaban a través de la impresión y el grabado en plancha de cobre o litografía.

⁶ Refiriendo al nombre que abarca a las Indias Orientales y las Indias Occidentales el Nuevo Mundo.

⁷ Hago una comparación contemporánea de lo que lo lleva a realizar esta expedición y/o emigrar, para la obtención de una mejor calidad de vida.

⁸ Dentro de la historiografía Cabrera realiza un ensayo epistemológico de cómo el mundo se occidentalizó. Miguel Ángel Cabrera, “La situación de la historia tras la crisis de la modernidad. Desafíos teóricos y epistemológicos”, *Seminario: Historiografía y tendencias en Historia Contemporánea: grandes maestros, nuevos valores*, Universidad Internacional Menéndez Pelayo, España, 2008.



Figura 4. Matteo Ricci, *Kunyu Wanguo Quantu* (1602). Este mapa representa todo el mundo, con el eje de visión colocado en el Océano Pacífico. Copia japonesa a color de 1604.



Figura 5. *The Piris Rei Map* (1513). Mapa que representa todo el contorno de América Central y Sur, agregando las tierras congeladas de la Antártida. Este mapa abre las interrogantes que ya se conocía América antes del descubrimiento y que no solamente les importó a los occidentales, sino que también al imperio otomano. Cabe señalar que la orientación del mapa cambia respecto a la cultura y las costumbres que norman sus representaciones.



Figura 7. Domingos Teixeira, *Mapamundi de Domingos Teixeira* (1573), Bibliothèque National de France. Otro planisferio que muestra el meridiano del Tratado de Tordesillas.

Si la cartografía se basa en propósitos para su construcción y elaboración, ¿cuáles eran las causas para ocultar el territorio americano o engrandecerlo? ¿Por qué ocurre esta contradicción? ¿Desconocimiento? ¿Intereses locales? Dentro de los diferentes motivos que se dan en el siglo XVI y parte del XVII se pueden registrar dos grandes propósitos:

1. Estrategias de expansión territorial
2. Hegemonía política y religiosa

Estrategias de expansión territorial

Si nos remontamos al Descubrimiento de América, para nosotros es una fecha importante por el encuentro entre dos culturas. Por el contrario, para 1492 no fue de tanta relevancia.¹³ Aunque existen varias hipótesis de que el Nuevo Mundo ya se conocía y ya se había explorado. Lo que nos concierne son los motivos por los cuales la monarquía hispana y también la portuguesa encontraron especial interés para integrar a sus reinos, y ocultando a sus comunidades y a su oponente político las nuevas superficies territoriales. Un doble discurso, transformado en leyendas para el común, gracias a las distorsiones que generaba el imaginario de la distancia, y que el enemigo debía observar poco interés las nuevas tierras encontradas. Ejemplos que se remontan desde los primeros tratados hasta el Tratado de Tordesillas

¹³ Bernand y Gruzinski, 1996, pp. 50-78.



Figura 9. *Mapa de las migraciones Uexotzinco-Tepeaca o Mapa de Cuauhtinchan, núm. 3, Yoneda Keiko, Los mapas de Cuauhtinchan y la historia cartográfica prehispánica, México, Fondo de Cultura Económica y Puebla, 1992, p. 141.*

La corona española al anexas las nuevas extensiones comenzó a registrar el imperio. Solo de esta manera se podía establecer un control a través de los catastros que validaban la información a distancia y contenían el sistema social imperial. Para ello, se llevaron a cabo las *Relaciones Geográficas* en América conocidas como *Relaciones Topográficas* en Castilla. Si desde un comienzo la realeza trató de ordenar la sociedad a través del registro de sus propiedades y de sus súbditos, *las memorias*. Hay que tener en cuenta que en varias ocasiones —desde el punto de vista geográfico de la península— se contempló la generación de cartografía del reino, proyectos como: la *Descripción y Cosmografía* de Hernando Colón (Figura 8), el *Atlas de El Escorial* y el mapa del Maestro Esquivel,¹⁶ empresas que demostraban la importancia y el interés que representaba el conocer sus dominios, siendo la cartografía la ciencia que confería el imaginario global para la monarquía.

Las *Relaciones Geográficas* apuntaban a describir no solamente el espacio territorial, sino que también representaban la topología de las relaciones humanas. En ellas se incluían además, los conocimientos de los habitantes: los naturales. En sus

¹⁶ Antonio Crespo Sanz, “La descripción y cosmografía de España: el mapa que nunca existió”, *Revista Catastro*, núm. 74, España (2012), p. 83. Disponible en: <<http://www.catastro.meh.es/documentos/publicaciones/ct/ct74/4.pdf>> (consultada el 12 de abril de 2013).

mapas representaban su territorio como su cosmovisión, siendo de gran ayuda tanto para el descubrimiento interior como para la conquista de los sectores aislados. Esta información viajaba periódicamente a Europa; los datos contenidos eran de gran ayuda si se deseaba seguir con la expansión territorial. Aunque muchos de ellos, ya tenían el sello de una aculturación ibérica, el distinguir las pictografías nativas con los elementos geográficos no fue una tarea pesada.¹⁷ Eso sí, los nativos también protegieron y resguardaron documentos que se prohibieron a los españoles, con el objetivo de no perder sus títulos de propiedad o evitar el pago del tributo, lo que llevó a más de un siglo volver a un contexto tradicional de los mapas nativos, para comprender el ocultamiento de información.¹⁸



Figura 10. Mapas indígenas novohispanos (1578), Archivo General de la Nación.

¹⁷ Si bien, es difícil entender las imágenes de los nativos. Las expresiones espaciales son más globalizadas, lo que permite un entendimiento cultural general de los elementos geográficos comunes.
¹⁸ Serge Gruzinski, *La Colonización de lo Imaginario. Sociedades indígenas y occidentalización en el México español. Siglos XVI-XVIII*, México, Fondo de Cultura Económica, 1991, pp. 105-107.

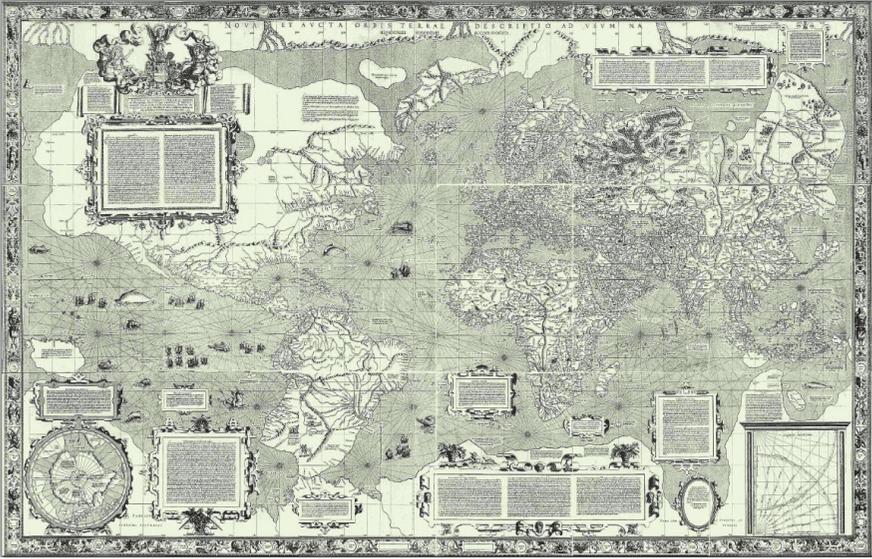


Figura 11. Gerardus Mercator, *Carta do Mundo de Mercator* (1569).

Si bien, para la Nueva España (México) el estudio cartográfico nativo se desarrolló de acuerdo con los parámetros europeos (Figuras 9 y 10), no hay que olvidar que la cosmovisión de culturas nativas del Nuevo Mundo se comparaban con la visión de algunos de los cosmógrafos europeos que identificaban el cosmos en su totalidad.

Las cadenas de mando que regían a la monarquía ibérica iba dada desde el rey a sus correspondientes virreyes, estos a su vez —al igual que los reyes—, se apoyaban en el asesoramiento y confesión de los clérigos, punto que la historiografía ha tratado como la contradicción potencial entre lo secular y lo clerical¹⁹ para mantener el orden y el control social. Adecuación que llevaron muy bien la orden de la Compañía de Jesús, que aconsejaban y tomaban cargos de directores hasta la participación prohibida en los negocios seculares. Tanto en las guerras como en los puntos de expansión de la corona, estos miembros utilizaban estrategias para alcanzar el poder, sin dejar de mencionar los intereses que preocupaban a los preceptos de la religión Católica Apostólica Romana, la guerra en contra de los protestantes, la herejía o las doctrinas liberales.

Cabe destacar entre ellos, la gran preparación que tenían, sobre todo como cosmógrafos y estudiosos de prestigiosas universidades, que influían en las decisiones de las cúpulas de poder: la elite gobernante. Desde los flancos hispanos y europeos

¹⁹ Ronnie Po-Chia, “Disciplina social y catolicismo en la Europa de los siglos XVI y XVII, *Manuscripts*, núm. 25, 2007, p. 39.

hasta los mismos imperios del Japón y de China,²⁰ los misioneros jugaron un papel muy importante en la expansión territorial del continente americano, los que interpretaban y generaban la mayor cantidad de mapas, algunos con información muy detallada como es el caso del mapa de Matteo Ricci (Figura 4), otros por el contrario, solo destinado a detalles específicos de ciudades, diferencias que se registran en decenas de mapamundis que incluían la cuarta parte del mundo: América.

Muchos son los ejemplos que se podrían dar sobre estos “consejeros reales”, destacan entre ellos, la idea del padre Martín de Rada como del jesuita Alonso Sánchez de invadir el Imperio Chino,²¹ idea que no logró su objetivo y que podría haber acabado con la monarquía hispánica, siendo el propio Felipe II (1577), quien pusiera término a dicha aspiración.

Hegemonía política y religiosa

De acuerdo a los intereses expansionistas que se dieron en la corona, los mapas produjeron diferentes intenciones que llevaron a ocultar el territorio. Pero a pesar de ello, ocurrió otro hecho que en otra manera cambio el carácter superficial de América.

La gran cantidad de territorios de la monarquía ibérica, no solamente servían para pagar los tributos de sus súbditos, sino que sirvió para mostrar este nuevo orden y conquista mundial que se daba en las cuatro partes del mundo. Como señala Po-Chia, la alianza de intereses de la Corona con el Papado, y con ella las misiones, cumplían un papel crucial para expandir el territorio del rey católico, eran parte importante en dar a conocer la grandeza de su majestad y sobre todo de Dios,²² tratando de crear en el imaginario de los enemigos y de los vencidos la hegemonía política que representaba el imperio hispano. Es por ello que en varias ocasiones se utilizaron los mapas para demostrar ese potencial para intimidar al enemigo, punto que difiere del ocultar, sino más bien a engrandecer las posesiones ibéricas.

En las misiones a las Indias Orientales se juega con este instrumento: para Matteo Ricci mostrar al emperador un mapa en el cual China no era el centro del mundo, generó la elaboración y el diseño de un nuevo modelo que rompía con las

²⁰ Entre los misioneros Jesuitas más importantes en las Indias Orientales (Japón y China) destacan: Matteo Ricci y Alessandro Valignano, sobre todo por utilizar una aculturación de la religión, lo que se designó con el nombre de *acomodatio*.

²¹ Carlos De la Vega, “Un proyecto utópico: La conquista de China por España”, *Boletín de la Asociación Española de Orientalistas*, vol. XVIII, núm. 1, (1982), pp. 3-46. Disponible en: http://digitool-uam.greendata.es/R/NXTQI2V3V4N88JVAGVTMXN7K8MBQKP1GNV77CDDH16EMKS2GEN-00501?func=dbin-jump-full&object_id=39067&pds_handle=GUEST (consultada el 18 de mayo de 2013), también se puede revisar la tesis doctoral de Manuel Ollé, sobre la relación entre Alonso Sánchez y China en “La invención de China. Percepciones y estrategias filipinas respecto a China durante el siglo XVI”.

²² R. Po-Chia Hsia, *El mundo de la renovación católica, 1540-1770*, Madrid, Ediciones Akal, 2010, pp. 235-254.

tendencias occidentales, representando las riquezas y virtudes que tenía la Cuenca del Pacífico;²³ en Japón antes de ser hundido el galeón español San Felipe su capitán trataba de impresionar a los funcionarios japoneses con un mapamundi de las conquistas españolas.²⁴

En el círculo de la elaboración cartográfica se generaron diferentes modelos, cabe destacar dentro de los aportes a la disciplina la Proyección de Mercator —utilizada hasta nuestros días—, la cual aumentaba el tamaño de las superficies del norte en comparación con las del sur, quedando disminuidas África y América (Figura 11), apoyando así, el adoctrinamiento y la enseñanza que se impartía en las misiones. Este control social simbolizaba al mundo siguiendo la tendencia medieval de los mapas de T en O, y conduce a imponer el cambio de orientación a la cercanía de Dios en lo de arriba, el norte.

La religión católica como sistema de estado se preocupaba de imponer ese dominio y predominio de sus adeptos y sus enemigos, para ello utilizó la censura que se atribuyó a la publicación y distribución de libros prohibidos. Aunque no se pudo hallar mayor información, solo el hecho de que algunos cartógrafos fueron acusados de herejía como el caso de Gerardo Mercator (1544), inclina a incluir dentro de las censuras éstas herramientas de representación: los mapas. Pero siguiendo el estilo de Harley sobre el secreto de los mapas, no debería ser para nada sospechoso que mucha cartografía anterior a los siglos estudiados fuera quemada o desaparecida para infundir un imaginario definido en la sociedad. Idea que no falló por completa, dando grandes frutos en la aculturación de los nativos que muy rápidamente se adaptaron a las ideas y concepciones hispánicas o mundialistas al tener un solo patrón de visualización dentro del adoctrinamiento que recibían en las escuelas.

Por último, solamente nombrar las reducciones que se dan en América a los diferentes nativos y a su forma de vivir. Reducciones que pasan a ser segregaciones residenciales, objetivos que se utilizan para la organización espacial y que responden a la planificación del territorio para mantener el sistema introducido. Si bien estas organizaciones del espacio nativo corresponden a planos más que a mapas, se interconectan por el diseño que debían ofrecer a la comunidad indígena permitiendo este medio de cohesión con el patriarcado monárquico.

Conclusión

El continente americano ha sido un espacio donde se conjugan diferentes intereses del Estado y comerciales. Como se pudo revisar en este artículo, la cartografía de

²³ Este punto lo estudio dentro de las propuestas de cartografías históricas como apoyo al desarrollo y visión del territorio, trabajo que he realizado como: “Matteo Ricci y la Cuenca del Pacífico: Cartografía y Poder Político”, *Propuesta de Investigación Seminario Historia Universal*, Magister en Historia, Universidad Nacional Andrés Bello (segundo semestre, 2012).

²⁴ Po-Chia Hsia, 2010, p. 244.

América jugó dentro de los factores que influyeron a ocultar y enaltecer el territorio. Como señala Harley la cartografía es información y el que tiene el conocimiento tiene el poder.²⁵ Ese poder que debía ser legitimado llevó tanto a la Corona como al Papado a ocultar el Nuevo Mundo, por el peligro que ejercían tanto las otras monarquías, como a los adversarios (los protestantes y más adelante los comerciantes), y a engrandecerlo —punto contrario— según la ocasión.

El arte de elaborar un mapa —para occidente— estaba destinado a las clases gobernantes, quienes dependían de estos instrumentos para sacar provecho de las riquezas de la tierra conquistada, llevando a finalizar en conflictos de intereses tanto de los gobernantes como de los gobernados. La Monarquía sabía del peligro que representaban los mapas, acontecimientos que se daban a menudo por el contrabando de información y que de alguna manera recayó en la cartografía del Nuevo Mundo como espacios de poder que no podían perderse. Sin embargo, el ocultar este territorio no bastó para impedir las penetraciones de las otras coronas por las zonas norte y sur del continente.

Las coronas de Holanda e Inglaterra se fueron acercando cada vez más al centro de América, gracias a la utilización —por parte de los primeros— de las interpretaciones de las cartografías nativas y el gran ascenso en desarrollo de la ciencia cartográfica. Lo que llevó a la monarquía ibérica, nuevamente a engrandecer el continente, por sus dominios y conquistas en el Nuevo Mundo: el mundo de Felipe.²⁶ Este nuevo concepto cambió el diseño y los ejes de representación de los mapas, los que utilizaron al nuevo continente como centro y abastecimiento para recorrer cada lado el planeta.

Para los sometidos de la Corona, los súbditos de este Nuevo Mundo, la América fue ilustrada como pequeña, el fin, lo de abajo. Siendo el occidente —sobre todo Europa— lo más cercano a Dios. Además de ello, el tener geográficamente en su localización tanto al Papado como al rey soberano de todo este mundo (cartografías a través de Proyección Mercator), influía a mirar a un solo sentido.

La doctrina que se suministró a través de las misiones fue en una cadena jerárquica que cumplía con el sistema de organización y control social. Se les daba esta educación a las elites nativas, los que transmitieron un nuevo imaginario de su entorno espacial. Este nuevo imaginario resultó en una disminución de los nativos en comparación con el blanco europeo, negatividad que infirió en una mirada hacia el blanqueamiento, una subordinación hacia el norte.

Al ser la cartografía la que moldea nuestra realidad espacial, el mapa fue el instrumento de representación para un público objetivo: los vencidos, los gobernados o súbditos, los enemigos. La incorporación del Nuevo Mundo reflejó una evo-

²⁵ Harley, 2005, p. 115.

²⁶ Lope de Vega, *La octava maravilla, 1618*, en Gruzinski, 2010, p. 23.

lución en el pensamiento colectivo, cuarta parte o hemisferio oculto que engendraba la subordinación y el control de la sociedad.

Bibliografía

- Bernand, Carmen y Gruzinski, Serge (1996). *Historia del Nuevo Mundo: del descubrimiento a la conquista. La experiencia europea 1492-1550*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Cabrera, Miguel (2008). “La situación de la historia tras la crisis de la modernidad. Desafíos teóricos y epistemológicos”, en *Seminario: Historiografía y tendencias en Historia Contemporánea: grandes maestros, nuevos valores*, Universidad Internacional Menéndez Pelayo, España.
- Carrera, Manuel (1968). “Las relaciones geográficas de Nueva España siglos XVI y XVIII”, en *Estudios de historia novohispana*, núm. 2, pp. 233-261.
- Crespo Sanz, Antonio (2012). “La descripción y cosmografía de España: el mapa que nunca existió”, *Revista Catastro*, núm. 74, España, pp. 83-109, <URL: <http://www.catastro.meh.es/documentos/publicaciones/ct/ct74/4.pdf> >.
- De La Vega, Carlos (1982). “Un proyecto utópico: la conquista de China por España”, en *Boletín de la Asociación Española de Orientalistas*, vol. XVIII, núm. 1, pp. 3-46.
- Espinoza, Jorge (1995). “Cartografía mental: una alternativa para la comprensión del comportamiento espacial del habitante urbano”, en *Revista Trilogía*, vol. 23, núm. 24, Santiago de Chile.
- García Roja, Irma (2008). “El estudio histórico de la cartografía”, en *Takwa*, núm. 13, pp. 11-32.
- Gruzinski, Serge (1991). *La Colonización de lo Imaginario. Sociedades indígenas y occidentalización en el México español. Siglos XVI-XVIII*, Fondo de Cultura Económica, México.
- , (2010). *Las cuatro partes del mundo. Historia de una mundialización*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Harley, J.B. (2005). *La nueva naturaleza de los mapas ensayos sobre la historia de la cartografía*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Hernando Rica, Agustín (2006). “La reforma de la mirada: logos y retórica en la Geographia de Ptolomeo (1535)”, en *Ería. Revista cuatrimestral de geografía*, núm. 69, pp. 5-33.
- Keiko, Yoneda (1992). *Los mapas de Cuauhtinchan y la historia cartográfica prehispánica*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Padron, Ricardo (2004). *The Spacious Word: Cartography, Literature, and Empire in Early Modern Spain*, University of Chicago, Chicago.
- Po-Chia Hsia, R. (2007). “Disciplina social y catolicismo en la Europa de los siglos XVI y XVII”, en *Manuscripts*, núm. 25, España, pp. 29-43.

———, (2010), *El mundo de la renovación católica, 1540-1770*, Ediciones Akal, Madrid.

Raisz, Erwin (1959). *Cartografía general*, trad. José Mantero, Omega, Barcelona.

Taylor, Charles (2006). *Imaginarios sociales modernos*, trad. Vilà Vernis, Ediciones Paidós, Barcelona.

Páginas WEB

<www.wikipedia.com>

<www.bdmx.mx>

Red de transporte de datos en formato RTCM, vía protocolo de Internet (Ntrip). Implementación en la región y proyección futura a través de SIRGAS

Norbertino Suárez Silva*
Roberto Pérez Rodino**
Ricardo Yelicich Peláez***

Abstract

The CORS (Continuously Operating Reference Station), use the GNSS (Global Positioning Satellite Systems) to determinate a high precision point by the observation of the available satellite constellations (GPS, GLONNAS, and the future Galileo and Compass/BeiDou). Using a technique called Differential Correction, is possible to eliminate almost completely the influence of the errors produced by the GNSS signals or induced errors. The Differential Correction methods (DGNSS) Post-Process or Real-Time are the most widely used methods. There are other solution type called PPP (Precise Point Positioning), and recently have been presented some progress on PPP in Real-Time: PPP-RTK by different satellites Geodetic Research Agency

The Differential Corrections may be obtained directly from a GNSS receiver or from CORS or from a network CORS, all connected to a Server-Caster via Internet.

The customers (rover receiver) use mobile phone technology (GSM, GPRS, EDGE, UMTS), a client software to access the Caster IP address, and Ntrip (Network Transport of RTCM data via Protocol Internet) to Differential Correction data for GNSS rover receiver.

* Tte. Cnel. Norbertino Suárez Silva, Inspector Técnico del Servicio Geográfico Militar (SGM). Delegado Nacional de Uruguay en SIRGAS, Montevideo, Uruguay, correos electrónicos: nsuarez@sgm.gub.uy, norbertinosuarez@gmail.com

** Ing. Agrim. Roberto Pérez Rodino, Profesor Agregado, Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de Uruguay (UDELAR), Presidente Grupo SIRGAS-RT, Montevideo, Uruguay, correo electrónico: rodino@fing.edu.uy

*** Ing. Agrim. Ricardo Yelicich Peláez, Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería (UDELAR), Montevideo, Uruguay, correo electrónico: ryelicich@fing.edu.uy

Ntrip is based on HTTP (HyperText Transfer Protocol) and has the ability to transmit any GNSS data through RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) messages or raw data.

The customers (rover receiver) can choose different solutions: corrections from a single CORS, or corrections from a network CORS. There are different network solutions: VRS (Virtual Reference Station), FKP (Correction Parameters planes), MAX (Master-Auxiliary), iMAX (individual Master-Auxiliary), etc.

During the SIRGAS (Geocentric Reference System for the Americas) meeting in Montevideo-Uruguay, in May 2008, the Working Group SIRGAS-RT was established in order to evaluate and promote Ntrip development and research. So far have been implemented Casters-Ntrip Servers in Argentina, Brazil, Venezuela and Uruguay, with significant results. Currently SIRGAS-RT is working on regional developments that including neighboring countries CORS networks. Argentina and Uruguay have installed some Experimental Casters-SIRGAS for research and regional technology evaluation.

Key words: *GNSS, CORS, CORS networks, Ntrip, VRS, Caster, Real-Time, RTK, PPP-RTK, Positioning, Differentials Corrections.*

Resumen

Las CORS (Estaciones de Referencia de Observación Continua), utilizan los GNSS (Sistemas Satelitales de Posicionamiento Global), para determinar con alta precisión una posición, mediante la observación de los satélites de las constelaciones disponibles (GPS, GLONNAS, próximamente Galileo y Compass/BeiDou).

Empleando la técnica llamada de Corrección Diferencial, es posible eliminar casi totalmente la influencia de los errores inducidos voluntariamente o producidos por la señal GNSS. El método DGNSS, tanto en modo Post Proceso como en Tiempo Real, son las modalidades más utilizadas. Actualmente están disponibles también soluciones PPP (Precise Point Positioning - Posicionamiento Puntual Preciso), a partir de desarrollos generados en varias agencias de investigación. Últimamente se han presentado ciertos avances sobre PPP (Posicionamiento de Punto Preciso), particularmente en tiempo real: PPP-RTK.

Las Correcciones Diferenciales pueden ser obtenidas directamente a partir de un receptor GNSS, de una CORS o de una red CORS, conectadas a un Servidor-Cáster a través de Internet.

El cliente o usuario móvil utilizando tecnología de telefonía móvil (GSM, GPRS, EDGE, UMTS) y un programa Cliente, puede acceder a la dirección IP del Cáster, a través de protocolo Ntrip (Red de Transporte de datos en formato RTCM a través Protocolo de Internet), a fin de obtener los datos de corrección diferencial para el receptor GNSS que está utilizando.

Ntrip se basa en HTTP (HyperText Transfer Protocol - Protocolo de Transferencia de Hipertexto), siendo capaz de transmitir cualquier tipo de datos GNSS a través de mensajes RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) o datos en formato propietario (raw data). El usuario puede elegir entre una serie de productos, como por ejemplo correcciones de una sola CORS, o corrección de una red CORS. Existen diversas soluciones de red, como ser: VRS (Estación de Referencia Virtual), FKP (Parámetros de Corrección de Planos), MAX (Máster-Auxiliar), iMAX (individual Máster-Auxiliar), etc.

En el marco de la Reunión SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) llevada a cabo en Montevideo, Uruguay, en mayo de 2008, se crea el Grupo de Trabajo SIRGAS-RT, con la finalidad de evaluar e impulsar el desarrollo de la tecnología Ntrip en la órbita de los países participantes. Se han implementado hasta el momento Servidores-Cásters Ntrip en Argentina, Brasil, Venezuela y Uruguay, entre otros, con importantes resultados. Actualmente se está trabajando en desarrollos regionales que incluyan CORS de las redes existentes en países vecinos; Argentina y Uruguay ya cuentan con Cásters-SIRGAS experimentales, los que están en fase investigación y evaluación de potencialidades.

Palabras clave: *GNSS, CORS, redes CORS, Ntrip, VRS, Caster, Tiempo-Real, RTK, PPP-RTK, Posicionamiento, Corrección Diferencial.*

Introducción

La utilización de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS en su acrónimo inglés) ha crecido en forma exponencial en estos últimos años, presentando una fuerte demanda en aplicaciones como GIS, GIS Mobile, Agricultura de Precisión, Relevamientos Topográficos, Cartografía, Geodesia, Geofísica, entre otros, exigiendo además mejores precisiones en el posicionamiento geoespacial.

Las Estaciones de Referencia de Observación Continua (CORS), llamadas comúnmente estaciones permanentes, estaciones de referencia o estaciones fijas, son equipos que utilizan los GNSS, siendo capaces de determinar la posición con gran exactitud, observando satélites de las constelaciones GPS, GLONNAS, próximamente Galileo y Compass/BeiDou.

Las CORS son instrumentos geodésicos para posicionamiento global de alta precisión, que funcionan las 24 horas del día, los 365 días del año, observando continuamente las coordenadas geocéntricas del lugar.

Empleando la técnica llamada de corrección diferencial, que utiliza al mismo tiempo dos receptores satelitales, es posible eliminar casi totalmente la influencia de los errores inducidos voluntariamente o producidos por la señal GNSS, debido a su desplazamiento a través de la atmósfera, a los relojes de los satélites, inexactitud de las órbitas, etc. Al ubicar uno de los receptores en una estación con coordenadas conocidas (estación fija, por ejemplo una CORS), se pueden predecir (calcular) las

distancias geométricas a los satélites y comparar con las distancias medidas del receptor a los satélites; esa diferencia es el error en la señal. Al aplicar la diferencia obtenida, a la distancia determinada con el receptor ubicado en la estación de coordenadas desconocidas (móvil), se corrige la misma, logrando altas precisiones en la determinación posicional. Esto es posible mediante la combinación de las observaciones realizadas simultáneamente por ambos equipos.

El método Diferencial, tanto en modo Post Proceso (DGNSS/PP) como en Tiempo Real (DGNSS/RTK), son las modalidades más utilizadas para lograr las precisiones requeridas. Actualmente están disponibles también las soluciones PPP (*Precise Point Positioning* - Posicionamiento Puntual Preciso), a partir de desarrollos generados en varias agencias de investigación. Particularmente el IGS (*International GNSS Service*) inició en el año 2007, un proyecto piloto sobre esta nueva forma de determinación de posiciones precisas. El PPP emplea datos de medición de fase no diferenciadas, provenientes de un solo receptor de tipo geodésico, incluyendo los datos de corrección de los errores en los relojes de los satélites y las órbitas precisas, junto a un esquema de modelamiento adicional de errores. Se obtienen con esta modalidad soluciones con exactitudes decimétricas y centimétricas. En este caso los “puntos fijos” pasan a ser directamente los satélites.

Atendiendo las necesidades de posicionamiento preciso en tiempo real y en virtud de los avances tecnológicos, a finales del año 2004, la BKG (*Bundesamt für Kartographie und Geodäsie* - Agencia Federal Alemana de Cartografía y Geodesia) desarrolló el protocolo Ntrip (Network Transport RTCM Internet Protocol), abriendo así una nueva posibilidad en cuanto a transmisión de datos.

El método Diferencial

El método Diferencial consiste en calcular el vector tridimensional (dX , dY , dZ) entre dos puntos ocupados en forma simultánea por dos receptores GNSS, donde uno es considerado base y el otro como móvil. De esta forma, resolviendo el vector definido por ambos puntos y aplicando este vector a las coordenadas del punto base, podemos obtener las coordenadas del punto que ocupa el receptor móvil. La precisión en la posición relativa de estos puntos, es más alta que la posición relativa de los mismos puntos medidos en forma absoluta entre sí. Además, si se tienen las coordenadas absolutas precisas del punto base, las coordenadas absolutas del punto móvil serán también precisas; estas últimas solamente degradadas por la incertidumbre en el cálculo del vector. El equipo base puede ser un equipo propio del usuario (configuración típica de equipamiento topográfico), una CORS, o una red CORS.

La corrección diferencial se puede hacer de dos modalidades: Postproceso (DGNSS/PP) o en Tiempo Real (DGNSS/RTK).

Corrección Diferencial Post Proceso (DGNSS/PP)

Las aplicaciones DGNSS/PP están limitadas a que la posición precisa de los puntos relevados con el receptor móvil, se logra con el cálculo posterior en gabinete. Esto hace que el método DGNSS/PP no sea aplicable en ciertos casos (replanteo, navegación precisa, etc.).

Corrección Diferencial en Tiempo Real (DGNSS/RTK)

El método de corrección DGNSS/RTK permite obtener las posiciones precisas del equipo móvil, directamente en el campo, en el momento del relevamiento. Para que esto sea posible es necesario contar con un enlace que transmita en tiempo real, los datos del receptor base al receptor móvil. Existen diversas opciones de enlace: radio-módem, satélite de comunicaciones, internet, entre otras. Generalmente todas tienen costo para el usuario, y están limitadas a una región de alcance máximo entre el receptor base y el receptor móvil.

El esquema es sencillo: el equipo base recibe la señal de los satélites GNSS, procesa las observables y envía los datos al equipo móvil, conjuntamente con las coordenadas de su estación, a través de algún tipo de enlace. El equipo móvil recibe los datos de la base al mismo tiempo que la señal de los satélites GNSS; los datos son procesados simultáneamente obteniéndose la posición diferencial del punto ocupado.

Los datos que envía la base al móvil pueden tener distintos formatos; en particular se pueden dividir en formatos propietario o formato RTCM-SC 104 (*Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104*) en sus distintas versiones 2.x y 3.x. El formato de datos propietario es específico del fabricante de cada de equipo (marca comercial), y en general solo son usados por equipos de la misma marca comercial. Son conocidos como *raw data*.

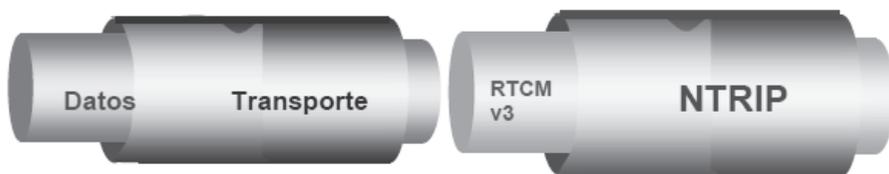


Figura 1. Flujo de datos, formato y protocolo a través de Ntrip.

El formato RTCM tiene distintos tipos de mensajes. En la versión 2.x los mensajes tipo 1 y 3, envían solamente la corrección diferencial simple de código y los parámetros de la estación fija respectivamente; los tipo 18 y 19 envían los datos de la fase y código en L1 y L2 de la estación fija, así como los tipo 20 y tipo 21 envían las correcciones RTK para L1 y L2, etc. Finalmente en la versión 3.x los datos están más compactados y otorgan muchas más alternativas de tipos de mensajes a enviar; optimiza el ancho de banda, y tiene además un menú más amplio de datos posibles.

Evidentemente según el mensaje que se necesite y dependiendo del tipo de receptor utilizado se conseguirá distinto volumen de tráfico de datos y diferentes precisiones podrán ser alcanzadas (submétricas, centimétricas).

Trasmisión de datos al móvil

En forma general las posibilidades pueden ser resumidas en: vía *beacon*, vía radio-módem, vía satélite de comunicaciones, vía conmutación telefónica y vía Internet.

El *beacon* es una emisora que trasmite las señales en las bandas de radio con alcances del orden de los 400-500km. Por lo general se necesita un abono a la señal y comúnmente ofrecen solamente correcciones con precisiones métricas o submétricas.

El *radio-módem* es la solución del tipo particular (mono-usuario), empleada generalmente en trabajos topográficos. El usuario tiene dos equipos que los enlaza entre sí por radio-módems, los que transmiten en general en UHF. Por lo tanto su radio de acción es limitado (se reduce a pocos km), obteniéndose precisiones centimétricas.

Mediante el uso de *satélites de comunicaciones* se han implementado servicios de corrección de las señales que brindan los GNSS, al receptor de los usuarios, denominados SBAS (*Satellite Based Augmentation System* - Sistema de Aumentación Basado en Satélites). Podemos citar varios servicios de esta naturaleza: el WASS (*Wide Area Augmentation System*) gestionado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, el EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) gestionado por la Agencia Espacial Europea, el MSAS (*Multi-Functional Satellite Augmentation System*) gestionado por Japón, y el GAGAN (*GPS and GEO Augmented Navigation*) planificado por India. Existe otra implementación con fines comerciales llamada OmniSTAR, que brinda un servicio corrección diferencial, para lo cual se debe contratar la señal. Estos sistemas proporcionan los datos de correcciones de distintas estaciones. Según la región, el tipo de servicio y el alcance del contrato, se puede acceder a distintas señales, con diferentes precisiones y costos.

La conmutación telefónica es el enlace punto a punto a través de una llamada de datos. Esta solución es individual y sus costos de comunicaciones en general son muy elevados.

Finalmente tenemos la distribución de datos por internet. Como se ha mencionado, a finales del año 2004, el BKG desarrolló el protocolo Ntrip, abriendo así una nueva modalidad en cuanto a transmisión de datos.

Ntrip da la posibilidad de tener acceso y mejorar el flujo de datos GNSS de las redes CORS, a una variedad de clientes (usuarios), a través de una técnica de comunicación definida. Esta solución depende de la transmisión de datos vía telefonía móvil. Utiliza las modalidades GPRS, EDGE, 3G, UTMS, etc., destacándose el menor costo en la transmisión de datos, frente a otras formas de comunicaciones.

La distribución de datos GNSS a través de Internet utilizando esta modalidad, es cada vez más común, debido a su fácil instalación y acceso. El desarrollo de los sistemas de acceso a Internet móvil a través de GPRS (General Packet Radio Service) y GSM (*Global System for Mobile Communication*), proporciona un método rápido y seguro para la distribución de datos GNSS o transmisión de correcciones DGPS/RTK, a un receptor ubicado en aquellas zonas que tienen cobertura de telefonía móvil.

Las precisiones que se pueden alcanzar son centimétricas o decimétricas, dependiendo de la distancia a la CORS en soluciones punto a punto, y de las características del receptor móvil. Si se dispone de una red CORS, se pueden generar soluciones de red con los algoritmos del servidor, del tipo: VRS (Virtual Reference Station), FKP (*Flächen-Korrektur-Parameter*), MAX (*Master Auxiliary Corrections*) o iMax (*Individual Master Auxiliary Corrections*).

Descripción de Ntrip

El Ntrip se refiere a una Red de Transporte de datos en formato RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*), a través del Protocolo de Internet.

Este protocolo intenta revertir las desventajas presentes en mediciones DGNSS/RTK, particularmente la limitación de distancia entre la ubicación de la estación fija y el móvil, debido a problemas de comunicaciones a través de sus radio-módems.

Sus características principales son:

- Está basado en el protocolo de hipertexto HTTP/1.1 (*Hypertext Transfer Protocol*); actúa en la capa más alta del TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*).
- Utiliza el popular estándar HTTP *streaming*, por medio de IP (Protocolo de Internet). Luego en la versión 2 de Ntrip también usa el RTP (*Real-Time Transport Protocol*), que esta soportado por el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*).
- Es capaz de atravesar “firewalls” y “proxies” que permiten el paso de HTTP estándar.

- La finalidad es dar acceso y mejorar el flujo de datos de las CORS, a una variedad de clientes (usuarios) a través de internet.
- Los datos enviados pueden ser en formatos RTCM, “*raw data*” y otros tipos de datos como ser corrección de relojes, efemérides, etc.

El *streaming* (flujo continuo, sin interrupción), surge con la finalidad de conectar el flujo de datos que proporciona una CORS, con un móvil en el campo. Es importante que varios usuarios puedan conectarse a una misma CORS en forma simultánea, o que varias CORS estén disponibles para varios usuarios, etc. Las Redes CORS brindan estas posibilidades.

Este método emplea una serie de CORS que recolectan datos de los GNSS en forma continua. Los datos son enviados por Internet a un servidor central (Cáster), donde se calculan los parámetros de corrección para ser enviados al usuario a través de Internet. El usuario debe contar con una antena y un receptor GNSS capaz de recibir mensajes RTCM y conexión a Internet. Esta conexión puede ser mediante módem inalámbrico, una tarjeta SIM (*Subscriber Identity Module* - Módulo de Identificación de Abonado) incorporada a la antena/receptor o colectora de datos, o una conexión bluetooth por intermedio de un teléfono móvil. El usuario puede elegir entre una serie de productos, como por ejemplo correcciones de una sola CORS, o corrección de una red CORS. Al mismo tiempo, existen diversas soluciones de red, entre ellas, VRS, FKP, MAX, iMAX, etc.

Arquitectura de Ntrip

NtripSource: el hardware involucrado en este segmento son las CORS generadoras de las correcciones diferenciales para su aplicación a las mediciones GNSS, que incluyen un receptor GNSS y una antena geodésica que observa continuamente las constelaciones de satélites.

NtripServer: Este componente necesita una conexión con los datos generados por NtripSource además de un computador con conexión a Internet o intranet capaz de ejecutar el software para la transmisión de correcciones al NtripCáster.

NtripClient/NtripUser: El requerimiento básico para recibir correcciones diferenciales mediante el uso de Ntrip es que el receptor GNSS tenga la opción de recibir correcciones DGNSS/RTK, u otro tipo de correcciones, p.e. SSR (*System Space Representation*), con motor de cálculo. En su defecto se puede utilizar otro dispositivo intermediario (PC, Palm, Tablet, iPad, Smartphone, etc.) con el software adecuado. Complementariamente se necesitan dispositivos de comunicación como teléfonos móviles (celulares) con la capacidad de recibir y enviar datos vía Internet. Actualmente la mayoría de los receptores GNSS geodésicos cuentan con esta posibilidad, incluyendo el software para Ntrip Cliente, y zócalo para módem GPRS/3G.

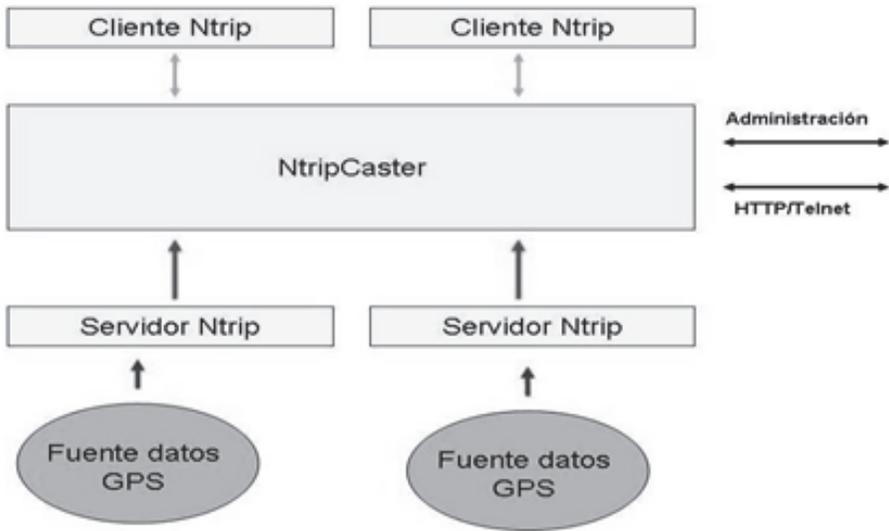


Figura 2. Flujo de datos NTRIP.

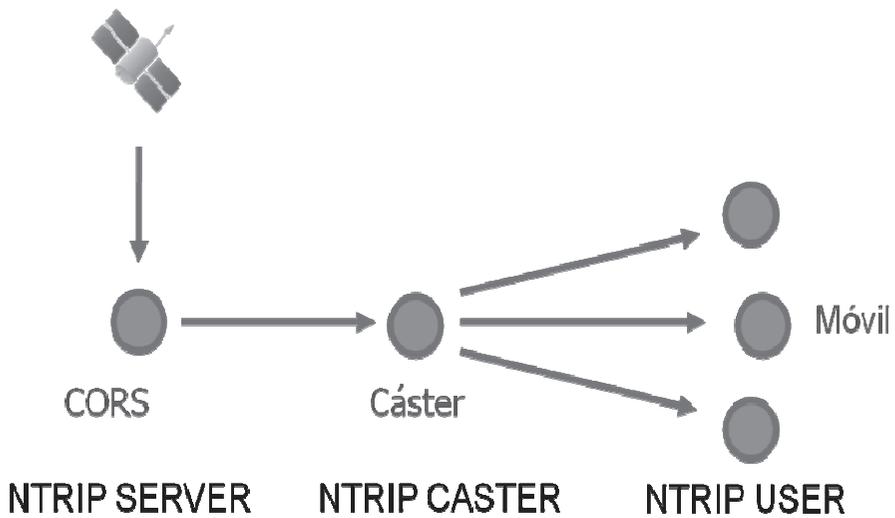


Figura 3. Arquitectura Ntrip.

Soluciones de Red

Las soluciones de red se utilizan para modelar y corregir aquellos errores dependientes de la distancia que reducen las precisiones en el cálculo de la posición del

usuario. Las fuentes de error más significativas son el error ionosférico, el error troposférico, el error en los parámetros orbitales y el error en los parámetros de los relojes.

Uno de los primeros productos de soluciones de red fueron: la Estación de Referencia Virtual, VRS por sus siglas en inglés (*Virtual Reference Station*) y los Parámetros de Corrección por Planos, FKP por sus siglas en alemán (*Flächen Korrektur Parameter*). Luego aparecieron otras soluciones, como el Concepto Master-Auxiliar (MAX) o el i-MAX (*Individual Master-Auxiliary Concept*), entre otras.

VRS (Estación de Referencia Virtual)

El concepto de la Estación de Referencia Virtual es una técnica de creación de datos GNSS para una CORS virtual, inexistente materialmente, con el fin de mejorar los resultados alcanzados con el posicionamiento RTK convencional, proporcionando correcciones RTK basadas en una red Estaciones de Referencia.

La red CORS vinculada a un Centro de Control, genera una base de datos de correcciones de área, regionales. Esta es utilizada para crear una VRS, situada a pocos metros de del receptor móvil. El receptor móvil interpreta y utiliza los datos de la VRS como si provinieran de una CORS real.

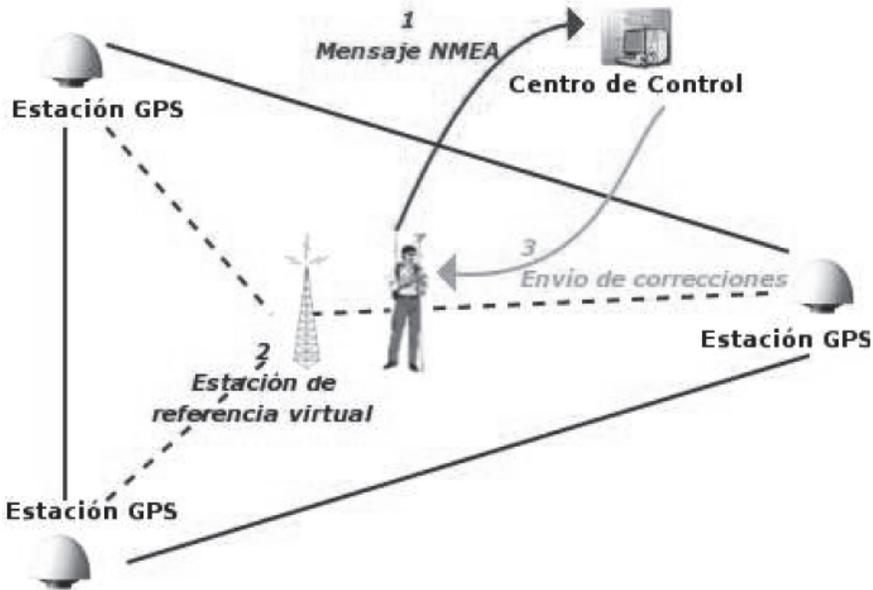


Figura 4. Esquema de conectividad en arquitectura VRS.

La implementación de la técnica VRS necesita de al menos tres CORS conectadas al servidor de red. El móvil debe ser capaz de mantener una comunicación de ida y vuelta, y ha de estar ubicado dentro de alguna de las “celdas” definidas por un grupo de estaciones. El usuario se conecta al servicio de red VRS vía acceso a Internet móvil y una vez que se ha autenticado correctamente, el receptor móvil envía su posición navegada en formato NMEA (*National Marine Electronics Association*) al Centro de Control. Éste acepta la posición como la ubicación de una nueva CORS, calculando correcciones relativas a la VRS creada recientemente, y las envía al receptor móvil en formato RTCM o propietario.

FKP (Parámetros de Corrección de Planos)

El FKP utiliza superficies polinomiales (normalmente planos) que modelan los errores en las observaciones, en función de la distancia a la CORS. Para generar todas las correcciones necesarias, cada CORS debe generar un plano para cada señal (frecuencia) de la constelación y para cada satélite visible.

La técnica emplea la información de las CORS con el fin de derivar parámetros lineales que describen el efecto de los errores atmosféricos y de la órbita de satélites. Estos parámetros se diseminan a los usuarios como gradientes a ser utilizados para la interpolación de los errores de la red, a su posición real. Las variaciones espaciales de los errores se corrigen por “planos” de interpolación de primer grado.

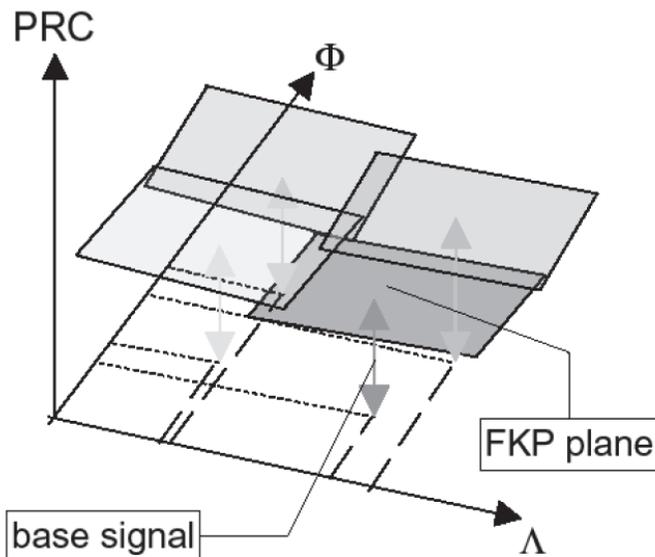


Figura 5. Planos polinomiales del FKP que modelan los errores de las observaciones.

El eje x define la longitud, el eje y la latitud, mientras que el eje z corresponde a la magnitud de la corrección que puede ser para la fase o para la pseudodistancia. Cada “plano” define un área en que los parámetros correspondientes son válidos. El usuario que opera dentro de la red recibe los parámetros de corrección de la CORS más cercana.

Su principal ventaja es que la corrección no necesita de un canal bidireccional de datos como en VRS y se puede emitir en *broadcast* con un transmisor de radio, porque es el receptor el que se encarga de corregir su posición con los parámetros facilitados. La desventaja principal de esta técnica se refiere a que el móvil se debe encargar de calcular la corrección para su posición, con el aumento en la complejidad y potencia de cálculo necesario en éste.

MAC (Concepto Master-Auxiliar)

El concepto relativamente nuevo de Master- Auxiliar (MAC), fue diseñado para transmitir los datos de corrección, de una red CORS al móvil.

Es fundamentalmente la evolución hacia un estándar del FKP, por lo tanto posee las mismas ventajas que el FKP, esto es, emisión unidireccional de datos y empleo de CORS reales, no virtuales. Además el formato de las correcciones permite un menor ancho de banda en las transmisiones.

El concepto MAC se ha estandarizado en el nuevo formato RTCM 3.1. Utiliza una forma altamente compacta (menor número de bits), mediante la representación de datos de observación con ambigüedades niveladas, así como las diferencias de corrección de los datos de dispersión y no dispersivo para cada par receptor-satélite.

Con el fin de reducir el volumen de datos a transmitir por una red (información completa de antena, coordenadas y de corrección) sólo se envían datos para una sola CORS (la estación maestra). Para el resto de las estaciones de la red o sub-red (las estaciones auxiliares), junto con las correcciones convencionales se emitirán otro conjunto de correcciones que representan las diferencias relativas entre la estación maestra y las estaciones auxiliares. Estas correcciones son las que introducen el concepto de red.

Se dice que dos CORS están en un nivel de ambigüedad común si se han eliminado o ajustado las ambigüedades enteras para cada rango de fase (par receptor-satélite), de forma tal que las ambigüedades enteras se cancelan frente a dobles diferencias (que implica dos receptores y dos satélites) surgidas durante el procesamiento. La determinación de las ambigüedades enteras entre las CORS, es la función fundamental de los programas de procesamiento de la red. La reducción de las observaciones originales de las CORS sin procesar en el mismo nivel de ambigüedad, no altera las propiedades generales de las observaciones de fase portadora (efectos de la ionosfera y la troposfera, las variaciones del centro de fase de antena, etc.), ya que se han introducido sólo números enteros. Una aplicación que acceda a

las observaciones de ambigüedad niveladas de una sola CORS, no verá ninguna diferencia ya que los requisitos de modelado dentro de la aplicación son idénticos. Sin embargo, cuando una aplicación utiliza las observaciones de más de una CORS, ya no tienen que dar cuenta de las ambigüedades de enteros entre las CORS en el mismo nivel de ambigüedad. Esto significa que un receptor móvil que reciba y utilice observaciones de ambigüedad niveladas de más de una CORS puede cambiar de una CORS a otra sin re-inicialización de su filtro.

Dividir las correcciones en componentes dispersivas y no dispersivas reduce aún más el ancho de banda requerido, ya que la troposfera y los errores de órbita son conocidos por cambiar sólo lentamente con el tiempo, por lo que la velocidad de datos no necesita ser tan alta como para el error dispersivo. Como la estación maestra se utiliza simplemente para fines de transmisión de datos y no juega ningún rol especial en el cálculo de las correcciones, no necesariamente debe ser la CORS más cercana al móvil, la utilizada. El usuario puede emplear estos mensajes ya sea en el modo *broadcast* (comunicaciones de un solo sentido) o en modo automático (comunicaciones de ida y vuelta). El modo de diseminación de la estación maestra está predeterminado por el operador de red, mientras que será la estación más cercana al móvil la que dispondrá del modo automático.

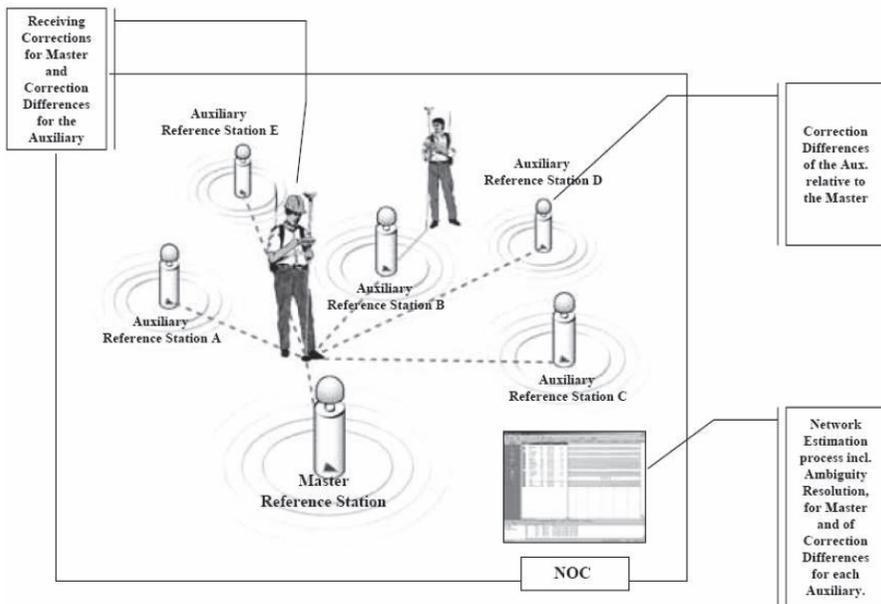


Figura 6. Arquitectura Máster-Auxiliary.

Existen dos formas de implementar este concepto, MAX e i-MAX. La primera *Master Auxiliary Corrections* contiene las correcciones de red MAX especificadas anteriormente. La interpolación de las correcciones de red se realiza en el móvil, usando la información completa de la red; pero solo está disponible para móviles que soportan estos mensajes. Las correcciones MAX están disponibles en ambos modos de comunicación: en un solo sentido y en ida y vuelta. Es importante destacar que si las correcciones de red no están disponibles (número insuficiente de ambigüedades fijas para pares receptor-satélite), entonces no se enviarán las correcciones.

La segunda, *individualised-Master Auxiliary Corrections*, se creó para que el modelo pueda ser utilizado por receptores existentes que no pueden interpretar mensaje MAX. Este esquema requiere de comunicaciones de ida y vuelta para que el operador de la red pueda elegir las celdas apropiadas e interpolar las correcciones de red para la posición del móvil. El método es similar al MAX, pero las correcciones de red se realizan en el servidor y son aplicadas a la estación maestra.

El PPP-RTK (Posicionamiento de Punto Preciso)

El concepto de PPP (Posicionamiento de Punto Preciso) hace referencia al posicionamiento absoluto.

Como se sabe los sistemas GNSS dan en forma nativa el posicionamiento absoluto en tiempo real, con el inconveniente de que la precisión puede alcanzar varios metros. Esta degradación de la precisión depende de los errores de las órbitas *broadcast*, los errores de los relojes, los errores atmosféricos (ionosféricos y troposféricos) y otros efectos no modelados en el método de posicionamiento absoluto simple.

Desde hace algunos años se empezaron a implementar aplicaciones Post Proceso llamadas PPP. Estas hacían uso fundamentalmente de las efemérides precisas y la corrección de relojes, y en caso de equipos de doble frecuencia se podía modelar la ionosfera, y utilizar distintos modelos troposféricos, en caso de que estuvieran disponibles.

Uno de los servicios que brinda el IGS es la generación de datos de órbitas precisas y de corrección de relojes, a partir de los datos capturados por las estaciones IGS. Estos productos son generados por distintos centros de procesamiento asociados y las soluciones son acordadas en una única solución IGS combinada. El IGS pone a disposición diferentes productos: las órbitas y relojes ultra-rápidos (disponibles a priori como pronóstico), las soluciones rápidas (al día siguiente de las observaciones) y las soluciones finales o precisas (aproximadamente a los 15 días).

Con las actuales posibilidades de conectividad a través de Internet que presentan los servicios de datos móviles, se empieza a vislumbrar en la modalidad PPP, particularmente en tiempo real (PPP-RTK), una nueva alternativa para brindar

correcciones diferenciales en tiempo real. Varios centros de procesamiento de datos han empezado a generar flujos de datos con correcciones de relojes y efemérides a través de “*streaming*”, usando el protocolo Ntrip. Ya no son datos estáticos (archivos para bajar); las correcciones se envían en formato RTCM 3.x, a través de Internet.

Cambia también el concepto de datos a transmitir. No se transmiten las efemérides precisas sino que se envían las correcciones de las efemérides *broadcast*, etc., con la finalidad de que los paquetes de datos sean extremadamente cortos. Los mensajes incluyen además los ajustes al Sistema de Referencia con el que se desea trabajar. Estas correcciones denominadas SSR (*System Space Representation*) representan los errores y eventos del sistema en el espacio. Con el SSR se pueden modelar los errores existentes en GNSS: el error de reloj en el satélite, el error en las órbitas, error de demora en el sistema, error por cambios en la geometría de antena del satélite, errores ionosféricos, troposféricos, de geometría de antena receptora, la demora en el receptor, los Bias entre Constelaciones (CB) de GPS, GLONASS, GALILEO, etc.

Para hacer posible el PPP-RTK es necesario contar con los datos de correcciones, con los datos observados por el receptor utilizado para obtener PPP, la transmisión de las efemérides *broadcast* y el software Cliente, que tenga la posibilidad de procesar y generar la solución buscada. Entre las herramientas desarrolladas hasta el momento se pueden citar: el BNC (BKG *Ntrip Client*), el BNC modificado por el CNES y el RTKLib. Son de código abierto y generalmente corren en plataforma Linux, existiendo algunas compilaciones para Windows. Las precisiones logradas se encuentran en el entorno de 10-15 cm en posición absoluta, con solución generalmente flotante, con determinado tiempo de convergencia. Hay estudios para fijar ambigüedades enteras; por ejemplo el desarrollado por el organismo gubernamental francés CNES (Centre National D’Etudes Spatiale) a través del Proyecto PPP-WIZARD (Precise Point Positioning - With Integer And Zero Difference), en los cuales se llega a precisiones de unos pocos centímetros, con tiempos de 1 hora de convergencia.

En el Simposio PPP-RTK & *Open Standards*, llevado a cabo en marzo de 2013 en Frankfurt Alemania, se presentaron 49 trabajos sobre esta temática (<http://igs.bkg.bund.de/Ntrip/symp>), lo que deja entrever el nivel de desarrollo académico en esta área del conocimiento. Se puede inferir entonces con propiedad, que los tiempos de resolución de ambigüedades y estabilización de soluciones, van reducirse drásticamente; las precisiones van a mejorar y la accesibilidad a Internet va a ser cada vez más universal. Seguramente aparecerán soluciones comerciales que incluyan el receptor GNSS, el módem de telefonía móvil y el software de PPP, en una sola unidad, posibilitando que un usuario, con un solo equipo, logre altas precisiones de posicionamiento absoluto en el Sistema de Referencia elegido.

Ntrip en SIRGAS

En la Reunión del Sistema de Referencia Geocéntrico de las Américas (SIRGAS), realizada en mayo de 2008 en Montevideo, se resolvió: “Establecer un proyecto piloto denominado SIRGAS en tiempo Real (SIRGAS-RT), el cual tendrá como objetivo investigar los fundamentos y aplicaciones asociadas a la distribución, en la región SIRGAS, de observaciones y correcciones a las mediciones GNSS en tiempo real, mediante Ntrip o cualquier otro medio de largo alcance” (Boletín SIRGAS N° 13, agosto, 2008); creando así el Grupo de Trabajo denominado SIRGAS-RT.

Desde entonces, Argentina, Brasil, Venezuela y Uruguay comenzaron a trabajar en la implementación de servicios Ntrip. Los primeros resultados de los estudios que se han realizado en este marco, fueron presentados en la Reunión Científica de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) en Buenos Aires, en setiembre de 2009, así como en las siguientes ediciones anuales de la Reunión SIRGAS.

En el Uruguay se inauguró oficialmente en el año 2007, la Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU), desarrollada y administrada por el Servicio Geográfico Militar (SGM). Esta red cuenta actualmente con nueve Estaciones de Referencia de Observación Continua (CORS) activas. Todas las CORS están conectadas a través de Internet móvil GPRS/3G y sus datos son publicados en un servidor central (Cáster) ubicado en el SGM. Las Estaciones de la REGNA-ROU, integran la Red del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas-Continuo (SIRGAS-CON); por tanto las observaciones de cada una de ellas es procesada conjuntamente con las demás Estaciones del continente, obteniendo una solución semanal ajustada a SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas), formando parte además del Marco de Referencia Oficial del Uruguay denominado SIRGAS-ROU98 (Época 1995.4). El servicio es público, gratuito y sin restricciones para todos los usuarios y se accede a los datos de las estaciones a través de 26 *mountpoints* generados hasta el momento, con distintos tipos de soluciones, incluyendo soluciones de red (VRS, FKP, MAX e i-MAX). Se prevé la densificación de la Red para los próximos años, pretendiendo alcanzar un total de 22 estaciones homogéneamente distribuidas en el territorio, con una separación aproximada de 70km.

Al mismo tiempo, en el Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la Udelar, se puso en marcha un Cáster experimental denominado “Cáster Escuela Ntrip” para colaborar con el proyecto SIRGAS-RT. Este Cáster de uso académico tiene por finalidad realizar investigaciones, pruebas y evaluaciones, pudiendo incorporar estaciones de la red existente, así como nuevas estaciones o estaciones de países de la región.

Brasil cuenta con la Red Brasileña de Monitoreo Continuo de los Sistemas GNSS (RBMC). En el año 2008 se implementó el servicio RBMC-IP, para posicionamiento en tiempo real a partir de la RBMC, para usuarios que utilizan el método

RTK (cinemático en tiempo real) o DGPS (Diferencial para Sistema de Posicionamiento Global) en sus levantamientos. Los datos de corrección diferencial u otros tipos de datos GNSS para usuarios (móviles o estacionarios) se distribuyen vía Ntrip, a través de Internet. Permite la conexión simultánea de PCs, Laptops y PDAs que tienen acceso a Internet inalámbrica, empleando módems GPRS/3G.

En Argentina, la Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC) a través del servicio RAMSAC-Ntrip cumple con los mismos objetivos de los servicios disponibles en Uruguay y Brasil, incorporando algunas CORS vecinas de la REGNA-ROU. Ha puesto en funcionamiento además un servicio denominado “Cáster SIRGAS Experimental”, cuya finalidad es la publicación de datos GNSS en tiempo real utilizando el protocolo Ntrip. El Cáster se encuentra alojado en el Laboratorio del Grupo de Geodesia Satelital de Rosario, de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Los usuarios interesados en acceder a los datos pueden hacerlo en forma libre y gratuita, luego de completar un formulario de registro, aceptar las condiciones de uso y recibir un nombre y una contraseña que les permita el acceso a los datos de su interés.

En Venezuela se estuvo trabajando desde el año 2009 en la implementación de un servicio Ntrip. Las pruebas realizadas por el Centro de Procesamiento y Análisis GNSS SIRGAS de la Universidad del Zulia (CPAGS-LUZ), han estado centradas en darle continuidad a los ensayos desarrollados desde 2009, cuando se evaluó el método midiendo sobre líneas de base cortas, medias y largas, desde una CORS en particular. La limitante que representa el acceso a Internet ha sido superada en los últimos años, persistiendo aún la escasez de estaciones activas generadoras y transmisoras de correcciones diferenciales. En cuanto a la implementación de PPP-RTK a través de Ntrip, el CPAGS-LUZ ha realizado algunas pruebas piloto, utilizando en primera instancia el software BNC v2.4, ofrecido por el BKG, el cual como lo hemos visto, además de permitir el acceso a correcciones de órbitas y parámetros de reloj de los satélites para lograr la estimación precisa en forma absoluta, también posibilita la aplicación de parámetros de transformación para la expresión de las coordenadas a los marcos SIRGAS95 y SIRGAS2000.

Con el correr de los años se fueron sumando algunas iniciativas en países como Ecuador, Chile y Perú, pero en estos casos han prevalecido sobre todo desarrollos privados, por lo que no cuentan aún con Cásters nacionales que publiquen los datos de todas las CORS de su territorio.

En Puerto Rico, se ha implementado un Cáster, cuya principal función es alertar sobre terremotos y tsunamis.

El Grupo SIRGAS-RT dispone actualmente de dos licencias del software NtripCaster Professional, desarrollado por la Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), de Alemania y donado por esta Agencia a la comunidad SIRGAS. Estas licencias están siendo utilizadas por el grupo LEPODA-G (Laboratorio Expe-

rimental de Procesamiento de Datos GNSS) del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de Uruguay (Udelar) y por el Laboratorio del Grupo de Geodesia Satelital de Rosario de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. La finalidad es apoyar las iniciativas “Cáster Escuela Ntrip” y “Cáster SIRGAS Experimental” respectivamente de ambas instituciones, las que fueron descritas anteriormente. LEPODA-G cuenta además con una licencia temporal del software comercial SpiderNet de Leica, la que es empleada en el Proyecto.

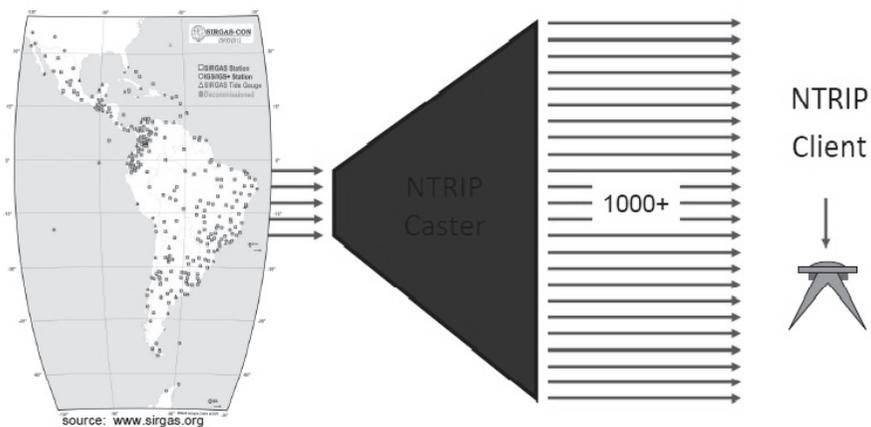


Figura 7. Concepto de implementación Cáster-Ntrip SIRGAS.

En la reunión SIRGAS 2012, en la ciudad de Concepción, Chile, se expusieron nueve trabajos asociados al posicionamiento en tiempo real, de un total de 64 trabajos presentados, lo cual demuestra la importancia que está teniendo la temática dentro de SIRGAS. Los trabajos de aplicación hicieron referencia, por ejemplo, a la utilización de un Sistema Terrestre de Aumentación GBAS para la fase de vuelo, aproximación y aterrizaje de aviones en Colombia, o el uso de diversas técnicas de posicionamiento RTK (Ntrip, Omnistar y PPP-RTK) frente al método RTK convencional (UHF), como soporte a la georreferenciación durante el proceso de exploración petrolera en Venezuela. Algunos trabajos estaban relacionados con la implementación de soluciones RTK mono-estación y VRS en Perú y Uruguay. Se realizaron dos presentaciones sobre experiencias PPP-RTK utilizando el software BNC; una en Rosario, Argentina y otra en Montevideo, Uruguay. De la misma manera, se realizaron exposiciones sobre las precisiones obtenidas con la técnica RTK-Ntrip en Ecuador y en Argentina; en este último caso se sumaron los resulta-

dos generados al utilizar únicamente el observable de código en experiencias DGPS y PPP.

Por el momento, se publican datos en tiempo real de algunas CORS de la región, así como también efemérides y correcciones a los relojes, de manera que pueden desarrollarse proyectos apoyados en posicionamiento relativo o PPP, ambos en tiempo real.

Datos de Cásters Nacionales

RBMC-IP. IBGE (Brasil)

Dirección IP: 186.228.51.52

Puerto: 2101

Software utilizado: Ntrip Caster 1.5.8/1.0

Cantidad de estaciones: 45

Formato: RTCM 3.0

Otros productos: Correcciones de órbitas y relojes (SIRGAS200001 (GPS+GLO), SIRGAS2000.02 (GPS), IGS03) y Efemérides (RTCM3EPH)

Datos de acceso: Solicitud de registro de usuarios en <http://www.ibge.gov.br/espanhol/geociencias/geodesia/rbmc/Ntrip/cadastro.php>

Marco de Referencia: SIRGAS2000

Época: 2000.4

URL: <<http://www.ibge.gov.br/espanhol/geociencias/geodesia/rbmc/Ntrip/>>

REGNA-ROU. SGM (Uruguay)

Dirección IP: 200.40.69.58

Puerto: 8081

Software utilizado: GNSS Spider/2.0

Cantidad de estaciones: 9

Formato: RTCM 2.3-3.0

Otros productos: Correcciones de red (VRS, FKP, MAX, i-MAX)

Datos de acceso: No requiere registro de usuario.

Marco de Referencia: SIRGAS-ROU98

Época: 1995.4

URL: <<http://www.sgm.gub.uy/geoportail/index.php/estaciones-referencia/srv-tr/>>

RAMASAC-Ntrip. IGN (Argentina)

Dirección IP: 190.220.8.208

Puerto: 2101

Software utilizado: Ntrip Cáster 2.0.14/2.0

Cantidad de estaciones: 22

Formato: RTCM 2.3-3.0

Datos de acceso: Usuario: ramsac-Ntrip; Contraseña: ign_argentina_2010

Marco de Referencia: POSGAR07

Época: 2006.6

URL: <<http://www.ign.gov.ar/AreaProfesional/Geodesia/RamsacNtrip/>>

PRSN. UPR (Puerto Rico)

Dirección IP: gps1.uprm.edu/136.145.162.224

Puerto: 2101

Software utilizado: Ntrip Caster Professional 2.0.15/2.0

Cantidad de estaciones: 13 (de Puerto Rico, Costa Rica, Nicaragua, Jamaica, Curacao, St Thomas)

Otros productos: Correcciones de órbitas y relojes (CLK11 BRDC_APC_ITRF) y Efemérides (EPH Assisted-GNSS)

Formato: RTCM 3.0

URL: <<http://prsn.uprm.edu/>>

IGN (Perú)

Dirección IP: 190.12.71.75

Puerto: 2101

URL: <<http://ign.gob.pe/>>

(no operativo)

Cásters de SIRGAS

UNR (Argentina)

Dirección IP: 200.3.123.65

Puerto: 2101

Software utilizado: Ntrip Caster Professional 2.0.15/2.0

Cantidad de estaciones: 7

Otros productos: Correcciones de órbitas y relojes: SIRGAS2000, SIRGAS95, IGS03. Efemérides: RTCM3EPH

Formato: RTCM 3.0 - 2.3

Datos de acceso: Solicitud de registro de usuarios es

<http://www.fceia.unr.edu.ar/gps/caster/caster-user.php/>

URL: <<http://www.fceia.unr.edu.ar/gps/caster/>>

UDELAR I (Uruguay)

Dirección IP: 164.73.34.31

Puerto: 8081

Software utilizado: Ntrip Caster Professional 2.0.15/2.0

Cantidad de estaciones: 1 (variable) de acuerdo a los análisis que se estén haciendo)

Datos de acceso: sin registro

URL: (no operativo; solo Escuela)

UDELAR II (Uruguay)

Dirección IP: 164.73.34.17

Puerto: 8081

Software utilizado: Spider - Leica

Cantidad de estaciones: 6 (variable) de acuerdo a los análisis que se estén haciendo)

Entrega soluciones de Red VRS, FKP, MAX; iMAX

Datos de acceso: sin registro

URL: (no operativo; solo Escuela)

Consideraciones finales

Los servicios de disseminación de datos para procesamiento en tiempo real, así como las correcciones SSR y las efemérides *broadcast* a través de Cáster, son servicios de gran valor estratégico para actividades de desarrollo e investigación, dado el aumento de la demanda de información georreferenciada.

El uso de estas tecnologías, en la medida que se masifiquen, asegura que los datos georreferenciados a intercambiar estén en el Sistema de Referencia adoptado, aun cuando sean capturados por personas inexpertas (soluciones transparentes al usuario), ya que el Sistema de Referencia va implícito en las correcciones de los datos de las CORS, al utilizar el método diferencial RTK. Se asegura además una mejora en las coordenadas absolutas de los datos capturados, con respecto a los datos coleccionados por métodos alternativos, en las mismas condiciones.

El uso de posicionamientos con correcciones DGNSS/RTK a través de Ntrip, van a desarrollarse masivamente en la medida que existan CORS suficientes para obtener soluciones precisas, con conectividad GPRS/3G segura a través de Internet. Dependerá en gran medida del alcance de la cobertura de telefonía móvil disponible en cada uno de los países y en la región.

El Proyecto SIRGAS, por intermedio del Grupo SIRGAS-RT, tiene por delante un enorme desafío y una oportunidad invaluable de conseguir implementaciones regionales capaces de brindar correcciones diferenciales en tiempo real a través de Ntrip. Las soluciones de red podrán trascender los límites territoriales y alcanzar altos niveles de seguridad y confiabilidad, lo que dependerá en gran medida del avance en la implementación de redes CORS y del desarrollo de las redes de telefonía móvil u otro sistema alternativo de comunicaciones, futuro.

Bibliografía

- Briceño, A.; Mass, L.; Rubí, I.; Cioce, V.; Royero, G.; Bacaicoa, L.; Wildermann, E.; Hoyer, M.; Barrios, M. (2009). "GPS Ntrip observations: A new alternative for precise positioning in Venezuela", *Revista Técnica de Ingeniería*. Universidad de Zulia, vol. 32, núm. 3, Zulia, Venezuela, pp. 200-209.
- Brunini, C.; Sánchez, L. (2008). "Reporte 2007-2008", *Boletín Informativo*, núm. 13, Subcomisión 1.3b de la IAG. Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del IPGH. Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS). Montevideo, Uruguay.
- Brunini, C.; Sánchez, L.; Mackern, M.V.; Martínez-Díaz, W.A.; Luz, R.T.; Noguera, G.; Pérez-Rodino, R. (2012). "Reporte 2011-2012", *Boletín Informativo*, núm. 17, Subcomisión 1.3b de la IAG, Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del IPGH, Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), Concepción, Chile.
- Gao, Y.; Chen, K. (2004). "Performance Analysis of Precise Point Positioning Using Real-Time Orbit and Clock Products", *Journal of Global Positioning Systems*, vol. 3, núm. 1-2, Canadá, pp. 95-100.
- Hoyer, M. (2012). "Conceptos básicos del posicionamiento GNSS en Tiempo Real. NRIP y Tópicos Relacionados con el tema", *Escuela SIRGAS en Posicionamiento GNSS en Tiempo Real (SIRGAS-RT)*, Grupo SIRGAS-RT, Reunión Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), Concepción, Chile.
- Hoyer, M.; Costa, S.; Pérez R., Weber, G.; Da Fonseca, E.; Krueger, C.; Junior, N. (2009). "Ntrip in South America Through the SIRGAS-RT Project", *Geodesy for Planet Earth - Scientific Program IAG*, Buenos Aires, Argentina.
- Hoyer, M.; Cioce, V.; Royero, G.; Márquez, A.; Brito, J. (2010). "Utilización de Ntrip en Venezuela: avances y aplicaciones", *Presentación en Reunión SIRGAS*, Subcomisión 1.3b de la IAG. Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del IPGH, Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), Lima, Perú.
- Noguera, G.; Pérez Rodino, R. (2012). "Proyecto SIRGAS-RT (Tiempo Real)", *Escuela SIRGAS en Posicionamiento GNSS en Tiempo Real (SIRGAS-RT)*, Grupo SIRGAS-RT, Reunión Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), Concepción, Chile.
- Noguera, G.; Pérez Rodino, R.; Camisay, M.F. (2013). "Infraestructura para transmisión de datos y servicios GNSS en tiempo real enmarcados en SIRGAS", Informe del Grupo SIRGAS-RT, Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), Montevideo, Uruguay.
- Pérez Rodino, R.; Suárez Silva, N. (2010). "Servicio de Corrección Diferencial de Posicionamiento Global en Tiempo Real a través de Caster-Ntrip, una herra-

- mienta para el presente y futuro”, *I Congreso de Infraestructura de Datos Espaciales*, Montevideo, Uruguay.
- Rizos, C.; Janssen, V.; Roberts, C.; Grinter, T. (2012). Australia “Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End?”, *Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural Heritage*, FIG Working Week, FIG, Roma, Italia.
- Rovera, H.; Pérez Rodino, R. (2009). “The Uruguayan SIRGAS present and future working in Ntrip”, *Geodesy for Planet Earth - Scientific Program IAG*, Buenos Aires, Argentina.
- Suárez Silva, N., (2012). “Red Geodésica Nacional Activa de la República Oriental del Uruguay (REGNA-ROU). Infraestructura al servicio del desarrollo de nuevas capacidades mediante el empleo de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG)”, *Cuaderno de Geografía*, vol. 1, Biblioteca Nacional, Montevideo, Uruguay, pp. 23-28.
- Stürze. A.; Weber, G. (2012). “Real Time GNSS”, *Escuela SIRGAS en Posicionamiento GNSS en Tiempo Real (SIRGAS-RT)*, Grupo SIRGAS-RT, Reunión Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), Concepción, Chile.
- Weber, G.; Dettmering, D.; Gebhard, H.; Kalafus, R. (2005) “Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) - IP Streaming for Real Time GNSS Applications”, *18th International Technical Meeting of the Satellite Division. ION GNSS*, Long Beach, CA, USA.

Centenario del Servicio Geográfico Militar de Uruguay, 1913-2013

César Rodríguez Tomeo*

El Servicio Geográfico Militar (SGM) de Uruguay es la historia misma de los hombres y mujeres que lo integraron. Sacrificio, conocimiento y disciplina, jalonan los primeros 100 años. Su herramienta fundamental para la mejora continua, ha sido su gente, su férrea voluntad de hacer y de sobreponerse a los obstáculos. Ellos, generaron el legado, la tradición, a las que se suman las diferentes circunstancias y decisiones que debieron asumir, sus fortalezas y debilidades, sus aciertos y fallos, ... los fallos que a todos, nos hace humanos.

La generación de productos y servicios de Información Geográfica, que necesita el usuario, es la razón de ser de éste organismo. Dicha información es una herramienta de planificación y ejecución, que no sólo es de aplicación en el concepto más puro de la Defensa Nacional, sino también un auxiliar del sector productor y de la sociedad toda.

Quienes nos precedieron nos dejaron un modelo de la realidad geográfica, cuyos hitos se materializan en la cartografía a escala 1:50,000 y 1:10,000 entre otras. Nos toca a nosotros, hacer los esfuerzos necesarios para hacer realidad la escala 1:25,000, que implica como primer paso, un nuevo vuelo fotogramétrico de la totalidad del país.

Día a día, la tecnología evoluciona a una velocidad que asombra. La Internet, el GPS y otras tecnologías, sobre cuyas bases se cimientan los productos y servicios cartográficos, facilitarán el uso, precisión, exactitud y fundamentalmente la actualización.

A pesar de los obstáculos, riesgos y temores a enfrentar, los que en su esencia son similares a los de ayer, nuestra actitud es de redoblar esfuerzos; dialogar y negociar, negociar y continuar dialogando. El objetivo es obtener la sinergia necesaria, entre todos los productores y usuarios de cartografía, donde la cooperación en el

* Director del Servicio Geográfico Militar de Uruguay.

marco de la Infraestructura de Datos Espaciales sea la regla y no la excepción, a la cual atenerse.

La actividad fuera de fronteras no es ajena a esta Casa lo que implica integrar diversas comisiones y actividades académicas con otros organismos internacionales. Como prueba de ello recae sobre nuestros hombros la responsabilidad de organizar en el próximo mes de noviembre la 20 Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia en Montevideo. Es un reto que trasciende ampliamente al SGM y alcanza al nivel país, ya que pretendemos mostrar a todos los visitantes, una Nación pujante en todos los ámbitos, en particular en el área del conocimiento.

Con la finalidad de coordinar este prestigioso evento es que hemos tenido el honor de recibir al señor Secretario General del IPGH, M. Sc. Santiago Borrero Mutis, el cual fue invitado por el señor Director del SGM y Presidente de la Sección Nacional de Uruguay, coronel César Rodríguez, al lanzamiento del libro *Historia del Servicio Geográfico Militar*, que se llevó a cabo el 16 de mayo en la sede de esta Institución.

El libro fue escrito gracias a un importante trabajo de investigación, realizado en base a fuentes documentales relevantes y a los aportes de los protagonistas de la institución, ofreciendo una visión de la trascendente historia del SGM para la eternidad.

El señor Secretario General culminó la ceremonia de presentación haciendo uso de la palabra, agradeciendo la hospitalidad con que fue recibido en su primer visita a Uruguay. “He encontrado que el Uruguay es extremadamente cordial y eso me parece que habla mucho de la identidad de este país”, expresó.



El SGM se aferra a lo que puede cambiar dejando de lado aquello que está fuera de su alcance. Esa actitud permite no solo ahorrar energía, sino focalizar la voluntad

y capacidad de cambio, con el pragmatismo que indica que el pasado no se puede modificar, que con nuestro trabajo de hoy, se construye el futuro.

Hacia ese futuro avanza el SGM, con responsabilidad, procurando continuar por la senda que marcaron nuestros antecesores. Sorteando las incertidumbres que generan los cambios, con la amplitud mental de adaptarse a los mismos, pero fundamentalmente aferrándose a los valores que le dan razón de ser.

En el tercer milenio parece relevante volver a tomar conciencia de la pequeñez del hombre, tal como lo hicieron los antiguos romanos, *Memento mori* “recuerda que vas a morir”, tal era la frase que se le reiteraba a los líderes victoriosos y cuyo objetivo era que no olvidaran las limitaciones de la naturaleza humana.

Tomando en cuenta esa pequeñez humana, ante el tiempo y las obras de quienes nos precedieron, el desafío es ser mejores cada día. El reto que nos impulsa es aportar a la sociedad un Servicio Geográfico Militar eficaz, eficiente y proyectado hacia el futuro. Para ello es necesario seguir trabajando con compromiso, practicidad y haciendo énfasis en la capacitación, para lograr aportar a la sociedad un trabajo técnicamente confiable y proyectado hacia el futuro.



El Servicio Geográfico Militar, sede de la Sección Nacional uruguaya del IPGH, fue fundado el 30 de mayo de 1913. Su misión es la generación de productos y servicios de información geográfica de calidad.

Podemos expresar que si una frase sintetiza el sentimiento que nos embarga es que quienes forjaron los primeros 100 años del Servicio Geográfico Militar, sintieron pasión por lo que hacían e hicieron del sueño una realidad.

Revista Cartográfica

Instrucciones 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, sin comillas tal como se indica en la plantilla.
- 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:
Autores (apellidos, iniciales nombres.), (año entre paréntesis). “Título del artículo”, *Título de la revista*, vol. (núm.), Editorial, Ciudad, número de páginas (separadas por guión).
Seemueller, W. y Drewes, H., (1998). “Annual Report of the RNAAC SIRGAS”, *IGS 1997 Technical Reports*, IGS CB, Pasadena, pp. 173-174.
En el caso de tesis o libros colocar el número de páginas total al final de la referencia.
- Todos los autores deberán observar estos lineamientos.

- Los artículos deben enviarse a la Editora de la *Revista Cartográfica*, quien los someterá a dictamen anónimo de dos especialistas e informará el resultado a los autores en un plazo no mayor de un año:

Ing. Valéria Oliveira Henrique de Araújo
Gerência de Relações Institucionais, GERI/CDDI
Editor *Revista Cartográfica*
Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (IBGE)
Rua General Canabarro, 706 Maracanã
20.271-205, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Correo electrónico: valeria.araujo@ibge.gov.br

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 investigadores y profesionales de las áreas de interés del IPGH: cartografía, geografía, historia, geofísica y ciencias afines, a que presenten trabajos de investigación para que sean publicados 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

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
2014

**ESTADOS MIEMBROS
DEL
INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA**

EL IPGH, SUS FUNCIONES Y SU ORGANIZACIÓN

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 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	(Montevideo, Uruguay)
Geografía	(Washington, D. C., EUA)
Historia	(México, D. F., México)
Geofísica	(San José, 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.



Primeros veinte años de SIRGAS **Claudio Brunini y Laura Sánchez** • Proceso participativo de producir un mapa integrado de Centroamérica y sur de México **Marcela Norori, Carren Williams, Elam Torres, Leonardo Salazar, Eduardo Sáncho, Emma Flores, Blanca Isabel Gómez, Francisco Benítez, Regina Menendez, Milton Núñez, Alex Martínez, Jean Parcher, Roberto Lugo, Eufracio Zavala, Noel Ramírez, José Pérez, Carlos Morales, Elizabeth Samuels y Rogelio Mondragón** • Un diagnóstico de infraestructura geodésica en la región de Centroamérica y el Caribe **David Avalos Naranjo, Carlos E. Figueroa, Wilmer Medrano Silva, Christopher Ballesteros, Vinicio Robles Pereira, Álvaro Álvarez Calderón, Leopoldo Tavera Polanco y Oscar Meza** • Proceso evaluativo del material cartográfico temático táctil para alumnos con discapacidad visual y auditiva **Teresa Barrientos Guzmán y Enrique Pérez de Prada** • Espacios objetivos y subjetivos de la movilidad cotidiana urbana **Jorge Espinoza Nanjarí** • Aplicaciones cartográficas en PEMEX **Margarita Jordá Lozano y Miguel Zúñiga Montalvo** • Cartografía, corredores y cooperación: la búsqueda de soluciones transfronterizas en las fronteras amazónicas **David S. Salisbury, Diego B. Leal, Andrea B. Chávez Michaelsen, Bertha Balbín Ordaya, A. Willian Flores de Melo, Pedro Tipula Tipula y Maria Luiza Pinedo Ochoa** • ¿Cartografía del Nuevo Mundo, o la América Invisible? **Luis Andrés Valenzuela Olivares** • Red de transporte de datos en formato RTCM, vía protocolo de Internet (Ntrip). Implementación en la región y proyección futura a través de SIRGAS **Norbertino Suárez Silva, Roberto Pérez Rodino y Ricardo Yelicich Peláez** • Centenario del Servicio Geográfico Militar de Uruguay, 1913-2013 **César Rodríguez Tomeo**

ISSN 0080-2085