

MAPPIING

Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MEDIO AMBIENTE

TELEDETECCIÓN

CARTOGRAFÍA

CATASTRO

TURISMO





BLOM
IMAGING THE WORLD



Medio Ambiente y Forestal
Gestión Urbana y Rural
Infraestructuras
Carreteras y Redes eléctricas
Fondos de ayuda al desarrollo
Defensa
Catastro
Telecomunicaciones

Navegación Real y LBS
Geo Búsqueda
Servicios de Emergencia
Servicios Inmobiliarios
Gobierno Local y Regional

Blom Sistemas Geoespaciales, S.L.U.
C/ Zurbano, 46
28010 Madrid
Tfno: +34 914 150 350
Fax: +34 913 104 914
email: blom@blom.es
web: www.blom.es, www.blomasa.com

LEVANTAMIENTO EN MOVIMIENTO

Capture imágenes geo-referenciadas
a 360° y nubes de puntos, con cualquier
coche de su flota.



InlandGEO, SL.
Av. de la Industria, 35
28760 Tres Cantos - Madrid
TL: 902 103 930 - FX: 902 170 393
www.inlandgeo.com

Mobile
Survey

www.topcon.eu

M A P P I N G

COMITE CIENTIFICO

PRESIDENTE DE HONOR:

D. Rodolfo Nuñez de la Cuevas

EDITOR JEFE.

D. José Ignacio Nadal Cabrero

EDITOR:

D. Andrés Seco Meneses

Universidad Pública de Navarra, España

MIEMBROS.

D. Javier González Matesanz

Instituto Geográfico Nacional, España

D. Benjamín Piña Paton

Universidad de Cantabria, España

D. Andrés Díez Galilea

Universidad Politécnica de Madrid, España

D. Stéphane Durand

École Supérieure de Géomètres

Et Topographes, Le Mans, Francia

Dña. Emma Flores

Instituto Geográfico, El Salvador

Dña. Tatiana Delgado Fernández

Grupo Empresarial Geocuba, Cuba

D. Luis Rafael Díaz Cisneros

Cesigma, Cuba

Dña. Sayuri Mendes

Instituto de Geografía Tropical, Cuba

Dña. Rocío Rueda Hurtado

Universidad de Morelos, México

Dña. María Iniesto Alba

Universidad de Santiago, España

Dña. Cleópatra Magalhaes Pereira

Universidad de Oporto, Portugal

D. Javier García García

Instituto Geográfico Nacional, España

D. Jorge Delgado García

Universidad de Jaén

SUMARIO

6 El servidor de mapas MapServer, una solución recomendada para la representación de información geoespacial

12 Estudio del error en la rasterización de superficies

14 Inoh Tadataka (1745-1818), un geodesta desconocido en Occidente

32 Un análisis hidrogeológico en rocas duras: casos de estudios a nivel mundial y en Cuba

38 gvSIG Sensores

45 La cooperación SIRGAS: su aporte a las Geociencias y a la geoinformación en América Latina y El Caribe

54 NEXTMap Europa: una base de datos de elevación con múltiples aplicaciones

60 La Estación Total y las exigencias de la Topografía Aplicada

67 Propuesta metodológica de sistema de información geográfica de los centros de gestión para la reducción del riesgo

60 Integración de datos e indicadores entre la región portuguesa de Alentejo y Extremadura

72 Llanquanelo- sitio Ramsar. aplicación de modelos digitales en modelos hidrogeológicos – Argentina

83 Sectormodel, herramienta SIG desarrollada para la empresa de acueducto y alcantarillado aguas de La Habana

86 Análisis de los cambios de uso de suelo en la cuenca Guayalejo-Tamesí (Tamaulipas, México) en tres décadas de información digital

96 Los SIG, herramienta de interacción medio ambiente, ordenamiento y urbanismo. Ejemplos de resultados en ciudades cubanas

Foto Portada: Bankoku Sozu (Mapa de todos los países) publicado en 1671. Edita: Revista Mapping, S.L.

Redacción, administración y publicación: C/ Hileras, 4 Madrid 28013 -Tel. 91 547 11 16 - 91 547 74 69

www.mappinginteractivo.com. E.mail: mapping@revistamapping.com Diseño Portada: R&A MARKETING Fotomecánica: P.C.

Impresión: COMGRAFIC ISSN: 1.131-9.100 Dep. Legal: B-4.987-92

Los trabajos publicados expresan sólo la opinión de los autores y la Revista no se hace responsable de su contenido.

SOKKIA

DITAC



GSR2700 ISX

TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA INGENIERÍA



ESTACIÓN TOTAL ROBOTIZADA
SERIE SRX

CONFIANZA, INNOVACIÓN, SATISFACCIÓN. . . SENSACIONES QUE

ENCONTRARÁ EN EL NUEVO PROYECTO DE

SOKKIA ESPAÑA

DITAC SOLUCIONES
C/Albasanz, 14 Bis. 1ºE
28037 Madrid
Tel.: +34 91 440 13 20
Fax: +34 91 375 95 62

info@sokkiaditac.es
www.sokkiaditac.es

El servidor de mapas MapServer, una solución recomendada para la representación de información geoespacial

MapServer: recommended solution for representing geospatial information

Isuel Méndez Roldán

Universidad de las Ciencias Informáticas

isuelm@uci.cu

Resumen

Debido a la relación que existe entre la información utilizada en el proceso de toma de decisiones y la posición geográfica donde ésta se produce, así como la necesidad de su análisis y representación gráfica en entornos Web, el actual empleo y desarrollo de las tecnologías Internet Map Service, así como el costo económico que implican las soluciones privativas de éstas tecnologías hacen que el estudio del posible empleo y desarrollo de soluciones de código abierto sea una tarea obligatoria, más aún cuando se aboga de una total independencia tecnológica.

El empleo de soluciones como GeoServer, Degree o MapServer ofrece grandes posibilidades de lograr aplicaciones funcionales y robustas a un costo que muestra un considerable ahorro económico en materia gastos de licencias y dependencia tecnológica. Cada una de las tecnologías más exitosas de código abierto para la representación de información geoespacial ofrece ventajas y desventajas pero hasta el momento MapServer es la solución más estable y robusta disponible para la comunidad de desarrollo de Software Libre para la Geomática, por los diversos servicios que implementa basado en estándares internacionales y sus niveles de rendimiento probado. Los argumentos anteriormente planteados y otros motivan el desarrollo del presente trabajo, el cual presenta a MapServer como una solución viable y recomendada para el desarrollo de aplicaciones de análisis y representación de información geoespacial en entorno web basadas en software libre.

Se hace un estudio a fondo de ésta tecnología para destacar su factibilidad de uso y además de desarrollo sobre ella para generar aplicaciones complejas y personalizadas en mayor o menor medida, cumpliendo con las especificaciones y estándares de interoperabilidad y garantizando la cobertura de servicios geoespaciales para usuarios simples o especializados.

Palabras clave: Mapserver, PHP MapScript, Mapfile, Servicios de Mapas.

Abstract

By the relationship between the information used in decision-making process and geographical location where it occurs and the need for analysis and graphic representation in web environments, the current use and development of technologies IMS (Internet Map Service) and the economic cost solutions involving deprivation of these technologies make possible the study of using and developing open source solutions is an obligatory task, even more those who advocate a total technological independence. The use of solutions such as Geoserver, Degree or MapServer has great potential to achieve functional and robust applications at a cost that shows a considerable cost savings in terms of licensing and technological dependence. Each of the technologies most successful open source for the representation of geospatial information has advantages and disadvantages but so far MapServer is the most stable and sovereign with which you can count on. All this contributes to the goal of this work, which consists of a MapServer as a viable solution for the analysis and representation of geospatial information in web environment. Makes a thorough study of this technology to provide the opportunity not only to use but also can develop on it and generate complex and customized applications to a greater or lesser extent, compliance with specifications and standards for interoperability and ensuring coverage of all the needs of the most demanding customers.

Keywords: Web Map service, Mapserver, PHP MapScript, Mapfile, Geospatial Representation.

Introducción

El surgimiento de aplicaciones o servicios que permitan la representación de información geoespacial en el entorno web se hace muy evidente dado que hasta ahora la representación de la información de forma espacial ha sido solamente responsabilidad de aplicaciones de escritorio dado la complejidad que entraña el manejo de este tipo de información, dichas aplicaciones conocidas como servidores de cartografía digital o IMS (Internet Map Service) se han ido convirtiendo en toda una tecnología con vida propia,

con sus soluciones privativas y de código abierto, sin embargo no hay dudas que la tendencia más acertada de estos días es que éstas sean cada vez más el corazón de los sistemas de información en entornos web's orientados a la toma de decisiones, UMN MapServer es entonces motivo obligatorio de estudio e investigación.

El servidor de mapas UMN MapServer

EL proyecto UMN MapServer se gestó originalmente como unos scripts para la plataforma ArcGIS/ArcInfo, la solución integral de ESRI, en la que generaban de forma dinámica impresiones de cartografía para publicar en entornos Web. Inicialmente fue un proyecto financiado por la NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration), la universidad del estado de Minnesota y el departamento de recursos naturales (Minnesota Department of Natural Resources). Se trata de un proyecto de Software Libre, capaz de comunicarse con una gran variedad de formatos tanto vectoriales como raster y servirlos mediante un modulo CGI (Common Gateway Interface) o accediendo a éste a través el modulo MapScript usando lenguajes como PHP, Python, C#, Ruby, Perl o Java, para los que se implementan las interfaces necesarias (Bravo, 2000).

* Como módulo CGI, es el uso más común que se le ha da a este servidor de mapas. Se trata de un ejecutable que puede ser invocado desde páginas web para generar de forma dinámica imágenes en los formatos más habituales para la publicación en web (gif, png).

* El acceso al Servidor de Mapas a través el modulo MapScript como biblioteca, se utiliza principalmente cuando existe la necesidad de realizar acciones complejas y específicas en el lado del servidor y para esto se cuenta con un conjunto de funcionalidades de este servidor, expuestas para diferentes lenguajes de programación para de esta forma permitir realizar tareas con un alto contenido dinámico y especializado: consultas especializadas, análisis geoespacial al vuelo, entre otras.

Las características principales de este servidor son:

- Sencillez de configuración y administración.
- Plataformas sobre las que puede operar.
- Velocidad de acceso a datos.
- Cantidad de formatos tanto vectoriales como raster soportados.

Una aplicación de manejo análisis y representación de información geoespacial con UMN MapServer necesita los siguientes recursos:

- El Servidor UMN MapServer.
- Un Servidor HTTP (Apache/Internet Information Server).
- Un archivo Mapfile.
- Un archivo Plantilla (Template).
- Una fuente de datos (Mapa) en un formato accesible por UMN MapServer.

El Archivo Mapfile

El Mapfile es un componente muy importante de UMN MapServer, es un archivo con extensión ".map" en formato texto, que contiene todas las definiciones y configuraciones iniciales necesarias para la ejecución de un servidor de mapas UMN MapServer (Salinas, 2007). Este archivo es consultado por el UMN MapServer en cada interacción del usuario con el servidor y define diversas características del servidor de mapas como: que mapas estarán disponibles, como estos mapas serán presentados, con qué color, con que símbolos y hasta que escala el usuario podrá aproximarse, de manera sucinta el MapFile define cómo los datos (mapas) serán presentados al usuario. El archivo .map consta de varias secciones. Cada sección se inicia con el nombre de la sección y termina con la palabra END. El contenido de las secciones consiste en la definición de determinados parámetros del tipo atributo - valor.

Para realizar comentarios debe introducirse delante de la línea el símbolo #. El orden de los parámetros no es sensitivo. Los colores son manejados mediante los tres canales R G B (rojo - verde - azul) La sección principal es el objeto MAPA (MAP Object), la cual anida a otras secciones, como se observa en la siguiente Figura.

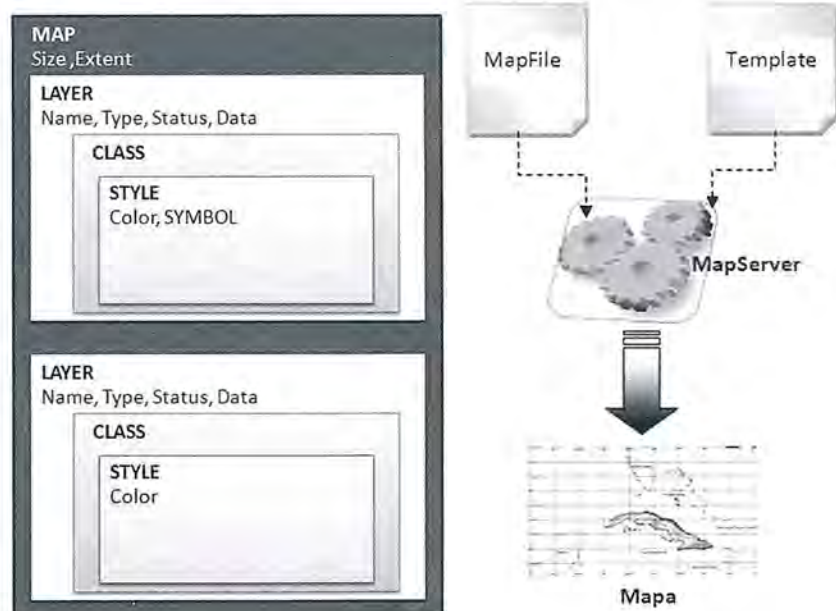


Fig. 1. Estructura del Mapfile

Objeto Map, principales elementos

NAME Nombre del archivo .map

STATUS on/off

SIZE Ancho y alto en píxeles de la imagen de salida

EXTENT [Xmin] [ymin] [xmax] [ymax]: Extensión espacial del mapa a crear, en el sistema de referencia especificado en la sección PROJECTION

IMAGECOLOR [R] [G] [B] Color con el que se inicializará el mapa.

FONTSET Nombre completo del archivo y directorio que contiene el conjunto de Fuentes disponibles para usar.

IMAGETYPE [gif|png|jpeg|wbmp|gtiff|swf|userdefined]

Objeto PROJECTION

Para definir la proyección de los mapas que el servidor de mapas generará, es necesario especificar dos objetos PROJECTION: uno en el objeto MAP para la generación de la imagen de salida y otro para cada capa, en el objeto LAYER. Cada capa puede tener un sistema de referencia diferente y el servidor de mapas se encargará de reproyectarla al sistema especificado para la imagen de salida, para este proceso UMN MapServer utiliza la librería PROJ4 (Geographic Projection Library) [4].

El sistema de referencia y proyección pueden ser definidas de dos maneras. Una es especificando los parámetros de la proyección y otra utilizando la codificación del European Petroleum Survey Group (EPSG) (MapServer Team, 2009).

<pre>PROJECTION "proj=utm" "ellps=GRS80" "zone=15" "north" "no_defs" END</pre>	<pre>PROJECTION "proj=latlong" END</pre>	<pre>PROJECTION "init=epsg:4267" END</pre>
Ejemplo de definición de UTM zona 15, NAD83	Para definir coordenadas Geográficas.	Utilizando la codificación del European Petroleum Survey Group (EPSG).

Objeto WEB, elementos principales

Define como operará la interface web, comienza con la palabra WEB y termina con END y anida el objeto METADATA.

HEADER Nombre del archivo Plantilla para ser usado como encabezado de la plantilla de respuesta a consultas. (modo query)

MINSCALE Escala mínima para la cual la interfase es vá-

lida. Cuando un usuario peticiona un mapa a escala más pequeña, MapServer retorna el mapa a esta escala.

MAXSCALE Escala máxima para la cual la interfase es válida. Cuando un usuario peticiona un mapa a escala más grande, MapServer retorna el mapa a esta escala.

Objeto METADATA

Deberá ser incluido tanto en el objeto MAP, como en cada LAYER. En el primer caso contendrá metadatos en general del servicio, y en el segundo caso, metadatos específicos para cada capa de información. Luego el servidor WMS/WFS se basará en estos metadatos para confeccionar el archivo de capacidades (MapServer Team, 2009).

Objeto LAYER, principales elementos

Para cada capa de información que contendrá el servicio, deberá definirse un objeto LAYER

NAME [string] Nombre corto para la capa. Este nombre es el vinculo entre el archivo map y la interface web, deben ser idénticos.

GROUP [name] Nombre de un grupo o conjunto de capas.

TYPE [point|line|polygon|circle|annotation|raster|query] Especifica como los datos podrían ser dibujados. Debe coincidir con el tipo de archivo shapefile. Por ejemplo, un archivo shapefile de polígonos, podrá ser dibujado como una capa de puntos, pero un shapefile de puntos no podrá ser dibujado como polígono. (MapServer Team, 2009)

STATUS [on|off|default] Configura el estado actual de la capa.

DATA [filename][[sde parameters]][[postgis table/column]][[oracle table/column] Nombre completo del archivo de datos espaciales a ser procesado. Si se trata de archivos shapefile, no es necesario incluir la extensión.

CONNECTION [string] Cadena de conexión a bases de datos para acceder a datos remotos. Puede ser una conexión SDE, PostGIS u Oracle.

CONNECTIONTYPE[local|sde|ogr|postgis|oraclespatial|wms]

Tipo de conexión. Por defecto es local. Este parámetro debe incorporarse en el caso que se desee incluirse una capa remota.

CLASS Señal de comienzo del objeto CLASS.

CLASSITEM [attribute] Nombre del item en tabla de atributos a usar como filtro para aplicar el objeto CLASS.

LABELITEM [attribute] Nombre del item en tabla de atributos a usar como anotación.

HEADER Nombre del archivo Plantilla para ser usado como encabezado de la plantilla de respuesta a consultas. (modo query)

METADATA Inicio del objeto METADATA

MINSCALE Escala mínima para la cual la interface es válida. Cuando un usuario solicita un mapa a escala más pequeña, MapServer retorna el mapa a esta escala.

MAXSCALE Escala máxima para la cual la interface es válida. Cuando un usuario solicita un mapa a escala más grande, MapServer retorna el mapa a esta escala

PROJECTION Comienzo del Objeto PROJECTION de la capa de información

TRANSPARENCY [integer] Establece un nivel de transparencia para la capa. El valor es un porcentaje de 0 a 100 donde 100 es opaco y 0 es totalmente transparente.

TILEINDEX Archivo Shapefile que contiene los rectángulos envolventes de cada una de las piezas que forman el mosaico.

API para el desarrollo sobre UNM MapServer

La biblioteca Mapsript de PHP implementa las interfaces que brinda MAPSERVER, permitiendo la comunicación más estrecha y personalizada de los desarrolladores de aplicaciones SIG, con el servidor de mapas MapServer y además soluciona el problema presentado con la rigidez de la representación de mapas a través del fichero Mapfile que ofrece el CGI de forma directa, permitiendo modificarlo en tiempo de ejecución, se les denomina mapfile dinámicos y esto posibilita la creación de aplicaciones con un grado de personalización mucho mayor. (Salinas, 2007) Algunas funciones del modulo Mapsript:

- ms_newMapObj(mapfilepath: String): MapObj Devuelve un objeto de tipo mapa, recibe por parámetros la dirección del mapfile, en caso de que el "mapfilepath" se vacío entonces lo interpreta como un mapfile dinámico.

- ms_newLayerObj(_parent: ObjMap): LayerObj De-

vuelve un objeto de tipo capa, por parámetro se le especifica a que objeto mapa al que va asociado.

- ms_newClassObj(_parent: ObjLayer): ClassObj Devuelve un objeto de tipo clase, por parámetro se le especifica a que objeto capa al que va asociado.

- ms_newStyleObj(_parent: ObjClass): StyleObj Devuelve un objeto de tipo estilo, por parámetro se le especifica a que objeto clase al que va asociado.

- ms_newgridobj(_parent: ObjLayer); GridObj Devuelve un objeto de tipo grid, por parámetro se le especifica a que objeto capa al que va asociado.

- ms_GetErrorObj(): ErrorObj Devuelve un listado de objetos error.

Conclusiones

Es evidente que las soluciones tecnológicas de software privativo no son una opción ni siquiera valorable para países como Cuba que sufren del cruel y despiadado efecto de la hegemonía que establecen los principales productores de software privativo en el mundo, como en otros sectores en el área del software para la Geomática es necesario emplear y desarrollar las tecnologías que permitan una total independencia y una garantía de perdurabilidad en el tiempo. Sin dudas podemos concluir que UMN MapServer es una muestra fiel de éstas posibles soluciones que a pesar del nivel de complejidad que puede imponerle a los desarrolladores, garantiza un resultado a la altura de las necesidades dado que los mapas que se obtienen como resultado de una solicitud al MapServer constan de una calidad similar a las ofrecen las soluciones privadas líderes mundiales como ArcGIS, MapInfo Profesional o SuperMap y además cumpliendo con las especificaciones y estándares internacionales de interoperabilidad entre los sistemas OpenGIS, como : WMS, WCS, WFS, Catalogue Service, entre otros. El costo de empleo y desarrollo sobre MapServer no es significativo en correspondencia con lo que representa el empleo de soluciones privadas que tratan de monopolizar el mercado de software para la Geomática, como las mencionadas anteriormente. Las ventajas y garantías que ofrece MapServer constituyen una alternativa viable y digna de considerar.

Referencias

Bravo, Javier Domínguez. Breve introducción a la cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). [En línea]. Octubre de 2000.

Salinas, Jorge Gaspar Sanz. 2007. Información Geográfica, Software Libre e Infraestructuras de Datos Espaciales. [En línea]. 2007.

The MapServer Team. MapServer Documentation. 2009. 690pp.

Sitio oficial del servidor de mapas Mapserver, <http://mapserver.gis.umn.edu/>

European Petroleum Survey Group (EPSG): <http://www.epsg.org/>

Delgado Fernández, T (2003). "Área de Servicios de Información Geográfica Proyecto UCI-Ciudad Digital.", GEOCUBA, Cuba

Delgado Fernández, T. (2005). "Infraestructuras de datos espaciales para países de bajo desarrollo tecnológico. Implementación en Cuba.", Grupo empresarial GEOCUBA.

OGC, 2006, OpenGIS® Web Map Server Interface Implementation Specification, OGC 00-028, Revision 1.0.0, Abril, 2000. <http://www.opengeospatial.org/>

OGC, 2007, OpenGIS® Catalog Services Specification, Version 2.0.2., <http://www.opengeospatial.org/>

OGC, 2008 e. OpenGIS® Web Coverage Service. Pro-

ject Document.. <http://www.opengeospatial.org/>
OGC, 2005 f. OpenGIS® Web Feature Service. Project Document. <http://www.opengeospatial.org/>

Coleman, D.J. and McLaughlin, J.D., 1997, Defining Global Geospatial Data Infrastructure (GGDI) disponible en www.gsdi.org.

Bravo, Javier Domínguez. Breve introducción a la cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). [En línea]. Octubre de 2000.

Salinas, Jorge Gaspar Sanz. 2007. Información Geográfica, Software Libre e Infraestructuras de Datos Espaciales. [En línea]. 2007.

Delgado, T., 2000. Infraestructura Cubana de Datos Geoespaciales: Una necesidad nacional para la integración y disseminación de datos geoespaciales. Memorias del II Congreso Internacional GEOMATICA 2000, Mayo del 2000 en La Habana, Cuba.

Sitio oficial del servidor de mapas Mapserver, <http://mapserver.gis.umn.edu/>

NOTICIAS

Blom ha firmado un contrato con el Grupo Santillana para el uso exclusivo de las imágenes aéreas de Blom en los libros de texto, utilizando el servidor de imágenes geográficas de Blom, BlomURBEX, como herramienta de gestión y entrega.

Blom, la compañía europea líder en información geográfica, ha firmado un acuerdo con el Grupo Santillana, la editorial más importante de educación y formación en España y Portugal. El objetivo es permitir el acceso a la base de datos de imágenes de alta resolución de Blom a través de su servidor BlomURBEX, proporcionando una solución centralizada para seleccionar, gestionar y descargar contenido de Blom para publicarse en los libros de texto.

La herramienta BlomURBEX ofrecerá acceso inmediato a la totalidad de imágenes de la biblioteca de Blom, así como un sistema de suministro totalmente integrado con la herramienta GIS de Santillana. El contrato se extiende a España, Portugal y América

Latina y significa un acceso sencillo a una base de datos de alta resolución así como la facilidad para la recogida y entrega del contenido cartográfico de Blom.

“El acuerdo con el Grupo Santillana representa una tipología de cliente y usuario nuevos para la plataforma de BlomURBEX en Europa”, dice Håkon Jacobsen, COO de Blom, y continua, “además de ser una importante referencia en la industria editorial de Europa”.

La biblioteca única de imágenes oblicuas de Blom se convertirá en la base de datos centralizada de imágenes más extensa y completa para el proceso de edición del Grupo Santillana, aumentando las posibilidades de ilustración de los libros de texto y mejorando su variedad y calidad. La base de datos de Blom se compone de imágenes oblicuas, basadas en tecnología Pictometry®, que cubre más de 1.100 de las ciudades más grandes de Europa.

Blom es la mayor empresa europea dedicada a la recopilación y procesa-

miento de información geográfica de alta calidad. Blom posee una base de datos única, con información sobre mapas e imágenes geográficas y, además, ha desarrollado aplicaciones para software y servicios basados en localización y navegación. Blom tiene más de 1.100 empleados en oficinas de 11 países. La oficina central tiene su sede en Oslo, y la empresa cotiza en la bolsa de Oslo (BLO).

Para más información visite www.blomasa.com

El Grupo Santillana es el líder español en la publicación, la educación y formación propiedad del Grupo PRISA, originalmente fundada en 1960 con la misión de mejorar y llevar un espíritu de innovación a los libros de texto. El Grupo editorial Santillana es líder en actividades docentes y educativas propiedad del Grupo PRISA. Su fundación data de 1960 con la voluntad de aportar un espíritu de innovación y mejora en el desarrollo de los libros de texto.

Estudio del error en la rasterización de superficies

Study of the error in the rasterization of surfaces

J.L. de la Cruz González, F.J. Ariza López, M.A. Ureña Cámara,

Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén

Resumen

La transformación de superficies de vectorial a raster y viceversa, se ha convertido en una práctica normal en el G.I.S actualmente.

Para esto hay que tener dos cosas presentes, la primera la afirmación de Crapper (), que la rasterización de polígonos individuales no se comportan como en un mapa, y en segundo lugar elegir el método que mejor funcione de los ya estudiados.

Abstract

The transformation of surfaces of vectorial you have become to raster, in the two addresses, a normal practice in the G.I.S at present.

Ad hoc it is necessary to have two present things, the first the affirmation of Crapper (Crapper,1980), than the rasterization of individual polygons they do not behave like in a map, and secondly electing the method that better it work of the right now studied.

Introducción

En cartografía digital se puede trabajar en dos modelos (Burrough, 1986), el modelo vectorial, o lista de coordenadas de los vértices, y el modelo raster donde la imagen está formada por una serie de celdillas y sus valores.

Un ejemplo claro de esta interrelación entre modelos nos la presenta Beat Peter y Robert Weibel (1999), realizando la rasterización, haciendo la generalización y vectorizando nuevamente.

Se han efectuado estudios de rasterización como el de Piwowar (2000), que realizó algoritmos de modelos atendiendo la función cualitativa y de conversión local, sin satisfacer todos los requisitos a la vez.

Antecedentes

Se han estudiado cinco métodos para la transformación de raster a vectorial, donde se intentaba calcular el error a priori de la rasterización. Todos ellos se han hecho por métodos empíricos o de simulación, ya que la cantidad de variables (orientación, translación, tamaño,...) no se pueden estudiar uno a uno.

El primer estudio se lo debemos a Frolow y Maling (1969), mediante la integración obtuvieron un valor que multiplicado por la raíz del número de celdillas, calculaban el error.

Posteriormente, Goodchild (1980) modificó ese valor fijo por medio de 50.000 simulaciones.

Otro estudio fue el de Laurence y Ripple (1976) que por medio de un valor experimental, longitud de los vértices dividido entre el valor medio de los mismos, añadían la fórmula de Frolow y Maling (1969), un nuevo término.

El estudio de Crapper (1980) contemplaba el ángulo medio entre vértices y un valor experimental (1,82), que añadía a la fórmula de Frolow y Maling (1969); Caver y Brunson (1994) estudiaron la complejidad del polígono según un árbol cuaternario en función de la complejidad del perímetro del polígono y el número de niveles de la unidad receptora.

Ariza y López, (1996) aportando el "radio hidráulico", que es el área entre el perímetro; mediante simulación obtuvieron que el error era una constante por el tamaño de celdilla dividido por el radio, elevado a 1,31.

Desarrollo de los trabajos

En un primer lugar y para probar polígonos, nosotros añadimos una nueva forma de predecir el error. Tomamos el valor del error relativo en valor absoluto y el número de celdas fronteras entre el total de todas las celdas.

Para estas primeras pruebas realizamos un software que rasterizaba trescientos polígonos imaginarios a quince tamaños distintos. También probamos con el radio hidráulico con el error relativo en valor absoluto (*ver figura1*).

Todos estos valores se ajustaban con los polígonos de cada tamaño por mínimos cuadrados, obteniendo una fórmula como la que se ve en la figura 1.

Tras estas pruebas en la base de datos ficticia estábamos listos para trabajar sobre polígonos en mapas reales. El primero es un parcelario de cuatro mil setecientos veinticinco polígonos de configuración regular; la segunda base de datos es un inventario forestal con ochocientos cuarenta y cuatro polígonos, donde ya se presentan polígonos algo más complicados; el tercero corresponde a una zona mor-

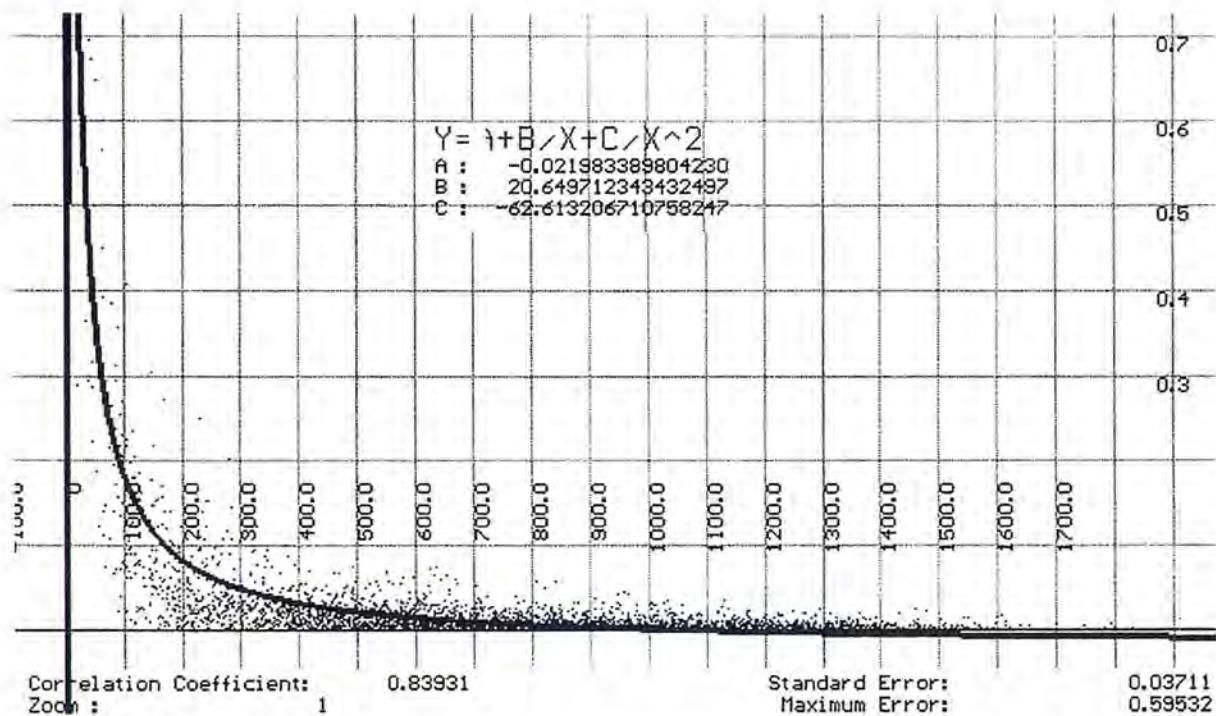


Fig. 1 Radio hidráulico (eje x) con error en valor absoluto (eje y) Tamaño 3000

fológica de la sierra con once mil ciento veintinueve polígonos, con una gran irregularidad entre ellos. Todos estos polígonos se rasterizaron de 1 a 120 m con Arcinfo (Esri, 1997).

Una vez tratadas las dos fórmulas, los resultados fueron concluyentes, el valor del error relativo en valor absoluto y el número de celdas fronteras entre el total de todas las celdas, aproximaba mejor el valor en un setenta por ciento.

Con estos datos calculados, como teníamos datos de polígonos independientes y polígonos en mapa, podríamos comprobar los $-3/4$ de proporcionalidad del área, propuesta por Crapper (1984), no era exacta pero como que estamos trabajando con aproximaciones, teniendo en cuenta que solo habíamos procesado cuatro mil quinientos polígonos, el número nos parece correctísimo.

El siguiente paso fue comparar el método triunfador anteriormente -el valor del error relativo en valor absoluto y el número de celdas fronteras entre el total de todas las celdas- con el resto de los métodos descritos anteriormente en una base de datos nueva que es un parcelario. Se calcularon los cinco métodos en esta base de datos nueva, obteniendo resultados claros y concisos: los métodos cuya variable explicativa era el número de celdas exteriores eran, en todos los casos, superiores a los otros dos métodos. En consecuencia podemos afirmar que son superiores los métodos de Frolov y Maaling, Lawrence y Ripple y el de Crapper y son inferiores el de Caver y Brunson y el de el valor del error relativo en valor absoluto y el número de celdas fronteras entre el total de todas las celdas.

Referencias

- Ariza, F. J., López R. (1996). *Estudio del error en la rasterización de superficies Actas del VIII Congreso Internacional de Ingeniería Cartográfica*. Jaén.
- Burrough, P.A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press. Oxford, pp 95.
- Carver, S. ; Brunson (1994). *Vector to raster conversion error and feature complexity; an empirical study using simulated data*. INT. J. GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS. Vol. 8, n°3 pp 261-270.
- Crapper, P.F. (1980). *Errors Incurred in Estimating an Area of Uniform Land Cover Using Landsat*. PE&RS, 46-10, pp 1295-1301.
- Frolov, Y.S. Mailing, D.H. (1969). *The accuracy of area measurements by point counting techniques*. CARTOGRAPHICAL JOURNAL N° 6, pp 21-35.
- Goodchild, M.F. (1980). *Fractals and the accuracy of geographical measures*. MATHEMATICAL GEOLOGY, Vol. 12, pp 85-98.
- Lawrence, R.L.; Ripple. (1996). *Integrating Vector and Raster-Based Techniques for the Generalization of Categorical Data*. PROCEEDINGS OF THE 19 INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE. Ottawa. Canada.

Inoh Tadataka (1745-1818), un geodesta desconocido en Occidente

Mario Ruiz Morales,

Universidad de Granada & Centro Nacional de Información Geográfica.



Los Mapas de Japón antes de Tadataka: resumen cronológico

No es demasiado aventurado suponer que la primera noticia de Zipango en Occidente fuese proporcionada por Marco Polo en la frontera de los siglos XIII y XIV. El nombre actual de Japón (en su forma Giapam) apareció ya en un mapa de Giacomo Gastaldi de 1550, al año siguiente de que llegase a tan lejanas tierras el jesuita navarro San Francisco Javier (1506-1552). Tanto en ese mapa como en los que lo copiaron a continuación figuraba Japón como una isla sensiblemente ovalada, en la que predominaba la dirección Este Oeste, y por encima del paralelo de 30º de latitud. En los mapas posteriores del portugués Diego Homen y en los que, influenciados por ellos, fueron apareciendo, a partir de 1558, se representaron las principales islas del archipiélago, e incluso la unión de algunas de ellas con el litoral continental, así como el rosario de las que comunicaban Japón con Formosa (1).

Esa importante novedad no aparecería después ni en el

célebre mapamundi de Mercator (1569) ni en todos los que se apoyaron en él, de una u otra forma, de manera que la imagen de Japón volvió a ser la de una isla alargada y con un perímetro bastante regular. En el atlas de Ortelius (1570) se adopta una solución de compromiso entre las dos tendencias anteriores. Los primeros mapas más fiables surgen a partir de la consolidación de los descubrimientos portugueses, avalando las tesis de Homen y representando a Formosa más de acuerdo con su forma real; el paradigma de todos ellos puede ser el mapa del holandés J. H. van Linschoten (1595). Mucho más exacto fue todavía el mapa de Luis Teixeira que incluyó Ortelius en su famoso *Theatrum* de 1595, y que mediatizó gran parte de la producción cartográfica posterior realizada en Europa; al parecer el mapa de Teixeira estaba basado en otro de origen japonés.

Según Martin Ramming (2) (1889-1988), las primeras manifestaciones cartográficas autóctonas datan del siglo VII, concretamente del periodo (645-649) en que se producen las grandes reformas de Taikwa (3). El mismo autor señala que en el año 646 se dictó un decreto imperial que



La Isla de Zipango en el globo de Martin Behaim (1492) y en el *Theatrum Orbis Terrarum* de Abraham Ortelius (Mapa de Asia)

ordenaba la delimitación de las provincias y la confección de los mapas correspondientes para ser presentados al gobierno. Se formaron así numerosos planos catastrales (llamados Denzu), que se fueron actualizando sucesivamente en los años sucesivos; hay constancia de que esa práctica se llevó a cabo entre el año 742 y 786, aunque lamentablemente no se conserve ningún ejemplar. A juzgar por algunas reproducciones facsímiles publicadas por la Universidad de Tokio debieron ser representaciones muy detalladas, en las que se incluían además otros detalles planimétricos como, ríos, edificaciones, templos e incluso montañas. No obstante, al final del siglo VIII se formaron también planos de otro tipo, como los de Shoen (Shoenzu), en los que se incluían detalles topográficos del país e incluso las direcciones de los vientos.



Fuente de porcelana (Imari ware), de 30x 33 cm, con un mapa del tipo Gyoki, el primero de Japón. Entre 1830 y 1843. El Norte está a la derecha de la imagen. Cartoteca del Congreso de los Estados Unidos de América.

Por esa época, el misionero coreano Gyogi (4) Bosatsu (670-749) mandó hacer el primer mapa de Japón, aunque haya desaparecido el original si se conservan copias del mismo en diversas obras enciclopédicas del siglo XV. El plano japonés más antiguo que se conserva es el de Nin-naji, un templo cerca de Kyoto, el cual data del año 1305.

No obstante se sospecha que puede ser copia de alguno hecho varios siglos atrás, siguiendo las pautas marcadas por el budista coreano ya mencionado. La influencia de ese cartógrafo también se dejó sentir en los mapas chinos, y por supuesto en los coreanos, llegando incluso a los europeos; así sucedió por ejemplo con el mapa de L. Teixeira, el primero de Japón impreso en Europa (5).

Hasta que Japón entró en contacto con Europa, sus mapas se referían únicamente a sus países limítrofes, no obstante tardaron poco en saber de la existencia de la India, Persia y otros territorios lejanos, gracias a los mapas budistas que recibieron a través de China. La mayoría de los mapas japoneses tuvieron una fuerte componente religiosa, indicándose en los mismos, las ciudades, los templos,

los caminos que los unían y cualquier otro detalle que fuese de utilidad al peregrino. La presentación final de la cartografía japonesa es de una calidad excepcional, hasta el punto de que sus mapas y planos pueden ser considerados como verdaderas obras de arte. En la mayoría de sus representaciones se simbolizaba el relieve terrestre mediante el clásico sistema de los perfiles abatidos y superpuestos, aunque aquí presenten un colorido tal que les confiere una indudable belleza (6) (Ver figura 3)

La producción cartográfica de Japón se enriqueció, a partir del siglo XVI, con la llegada de los mapas europeos, introducidos allí por los primeros misioneros de la Compañía de Jesús (7), que ya estaban al tanto de la obra de su compañero Mateo Ricci (1552-1610), el cual había llegado a China en el año 1583. A él se debió, aparte de una profunda labor de evangelización, la introducción en aquel país de la cultura occidental. En el año 1600 ya había publicado los primeros mapas de aquellos lejanos territorios que fueron conocidos en Europa. Al parecer fue el propio emperador Wanli quien lo comisionó en 1602 para que hiciera su celebrado mapamundi. En él incluyó comentarios en los que alababa el gran imperio chino y agradecía su probada hospitalidad. El mapa fue meticulosamente grabado sobre seis planchas de madera plegables, incluyendo en su tercera versión la información geográfica que había llevado desde su Italia natal y aquella que había recopilado "in situ". El mapamundi resultante fue monumental, pues su largo era de poco más de 3.75 m y su alto de alrededor de 1.65 m. A Ricci se debe en definitiva la primera visión íntegra de la Tierra que se tuvo en el extremo Oriente (9), cuya rápida expansión se debió indudablemente al hecho de que todos los topónimos de sus mapas fuesen escritos en chino. (Ver figura 4)

El eco de su mapamundi no tardó en llegar a Japón, el propio sacerdote hizo saber en sus memorias que se había enviado allí, y en sentar un serio precedente que se dejó sentir durante todo el periodo Edo, la era pre moderna entre 1603 y 1868. Aunque no se sepa a ciencia cierta cuando llegó a aquel país, es seguro que a partir del año 1605 sus copias se usaron en la escuela de los jesuitas de Kyoto, para apoyarse en las enseñanzas de geografía y as-



Fig 3. Dos mapamundis coreanos de mediados del siglo XVIII. Cartoteca del Congreso de los Estados Unidos de América



Fig 4. El lejano Oriente según el jesuita Mateo Ricci, detalle de su mapamundi (1602)

tronomía (10) . En las sucesivas versiones no tardaron en incorporarse nuevas informaciones planimétricas y topográficas, la pauta la marcó la aparecida en 1645, con el título Bankoku Sozu (Mapa de todos los Países). Aunque fuera de autor desconocido, si se sabe que se editó en Nagasaki y que fue el primer mapa de estilo europeo impreso en Japón. El mapa tenía la particularidad de situar el Este en la parte superior, de forma que en todos los de ese tipo, el continente americano se representaba en lo más alto de la hoja, al contrario que España y Africa que se localizaban en la parte inferior. Parte consustancial de estos mapas era una curiosa ilustración que mostraba a los pueblos del mundo con sus vestidos habituales, una evidente influencia de la cartografía holandesa.



Fig 6. Otra versión del Bankoku Sozu

La actualización del mapa de Ricci no debió ser nada fácil, puesto que a partir de 1643 el gobierno japonés prohibió la salida del país y, por tanto, la construcción de grandes barcos; la consecuencia inmediata fue centrarse en el conocimiento expreso de sus propios territorios (11) . No obstante los levantamientos topográficos ya habían empezado, al parecer, a comienzos del siglo XVII por influencia china. Los trabajos fueron necesariamente expeditos, a pesar de que se crearon escuelas ex profeso, se publicaron manuales y se emplearon instrumentos similares a los europeos. Los levantamientos se fueron sucediendo sin interrupción hasta la primera mitad del siglo XIX. La pericia alcanzada desde los inicios debió ser elevada, como evi-

myWorld @ Leica Geosystems

El mundo a su alcance



Obtenga, instantáneamente, toda la información disponible sobre sus instrumentos y servicios Leica, un portal abierto 7d/24h en el que podrá consultar:

- Contratos CCP vigentes
- Versión de firmware de sus equipos
- Claves de sus aplicaciones de software
- Fechas de fin de garantía
- Manuales, guías y herramientas de software disponibles
- Actualizaciones de firmware y programas "on line" y "off line"
- Acceso al histórico de sus consultas a Soporte y Servicio Técnico
- Consulta del estado actual de sus incidencias y reparaciones
- "Newsletter": la última información sobre noticias, cursos y eventos

¡Manténgase al día, ahorre gestiones innecesarias y demoras de tiempo!
Regístrese gratuitamente en:
myWorld.leica-geosystems.com

Leica Geosystems, S.L.
Barcelona, Bilbao, Madrid, Sevilla y Valencia
www.leica-geosystems.es

Oficina de Madrid:
Ctra. Fuencarral - Alcobendas, 24 (Km 15,700)
Edificio Europa I, Portal 3, 1ª Planta
28100 Alcobendas. (Madrid)
Teléfono: (+34) 91 744 07 40
Fax: (+34) 91 744 07 41

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

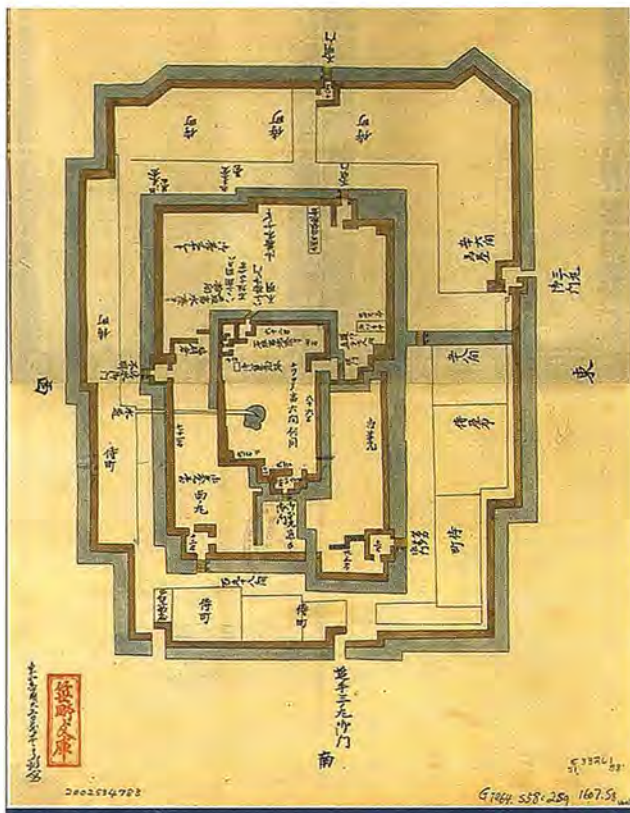


Fig 7. Plano del castillo de Sunpu en la ciudad de Shizuoka. Acuarela anterior al año 1607. Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos de América

dencian varios ejemplos que podrían traerse a colación, aunque solo se citen la monumental tumba del emperador Nintoku Tenno (12) en la ciudad de Osaka (impensable sin contar con planos previos y métodos de replanteo) y el plano tan elaborado de la fortaleza de Sunpu, situada en la ciudad de Shizuoka, una bonita acuarela que se conserva en la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos de América. (Ver Figura 7)

Al parecer el primer mapa impreso en Japón (13) apareció en 1645, siendo evidente la influencia ejercida en él por el previo de Mateo Ricci. A partir de entonces se sistematizó la producción cartográfica, aunque todavía proliferasen los que habían hecho numerosos artistas, como Hayashi Yoshinaga con su mapa de Kyoto (1696); otro artista cartógrafo fue Hishikawa Moronobu (1618-1694) y su alumno Ishikawa-Ryusen. Realmente los mapas pintados a mano más característicos datan del denominado periodo Genroku (1688-1703). Las primeras impresiones monocromáticas pronto se vieron superadas por las de cuatro colores (1744) y después por las policromías, a partir de 1780. Muchos de tales mapas eran de gran belleza y estaban muy bien elaborados, aunque ambas características primaran sobre la fiabilidad geométrica de los mismos, especial-

mente cuando los artistas no eran cartógrafos.

Uno de los cartógrafos japoneses de más renombre fue Ishikawa Toshiyuki, gracias a los mapas tan artísticos que elaboró a finales del siglo XVII, aunque fuesen menos fiables que muchos de los que le precedieron y que otros de sus contemporáneos: Mabuchi Jikoan y Okada Jishoken son dos de ellos. El primer salto cualitativo que debe de subrayarse se produce gracias a la contribución cartográfica de Nagakubo Genshu (1717-1801), pues a él se debe la incorporación en sus mapas de la retícula de meridianos y paralelos, además de la escala; asimismo densificó la información toponímica en detrimento de otros elementos meramente decorativos. No obstante es necesario mencionar que no hacía uso de los sistemas cartográficos al confeccionar sus mapas, siendo ese el defecto más señalado de los mismos; sus mapas eran solo simples imágenes planas del territorio en ellas representado. (Ver figura 8)

Por el contrario, otros contemporáneos suyos establecieron contactos con sus homólogos europeos, siendo por ello conocidos con el sobrenombre de los eruditos holandeses. Uno de ellos, el pintor Shibu Kokan (1747-1818), publicó el primer mapa de Japón que había sido grabado en una plancha de cobre (1792) y fue uno de los primeros en publicar cartas del cielo. Ese periodo cartográfico culminó con la publicación de un mapa del mundo formado por los

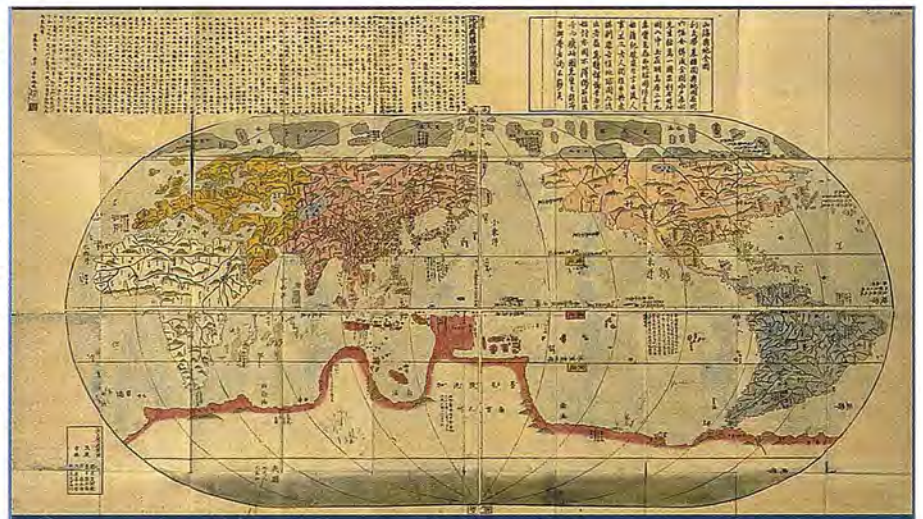


Fig 8. Mapamundi de Nagakubo Genshu (Sekisui), una de las últimas revisiones del mapa de Mateo Ricci en el siglo XVIII

astrónomos reales Takahashi Kageyasu y Hazama Shigetomi (1756 - 1816), un encargo gubernamental que sería referencia obligada durante muchos años después. Según L. Bagrow, el primer plano de población reproducido con similar procedimiento fue el de Kyotoen 1855. (Ver figura 9)

Inoh Tadataka: Geodesta tardío pero ilustrado

Inoh Tadataka, también referido como Ino Chukey, nació en Kujukuri (Provincia de Kazusa), muy cerca del Océano Pacífico. Allí pasó la primera etapa de su vida, que no debió ser nada fácil, con el nombre de Sanziro Jimbo, hasta que fue adoptado por la acaudalada familia Ino, cuando

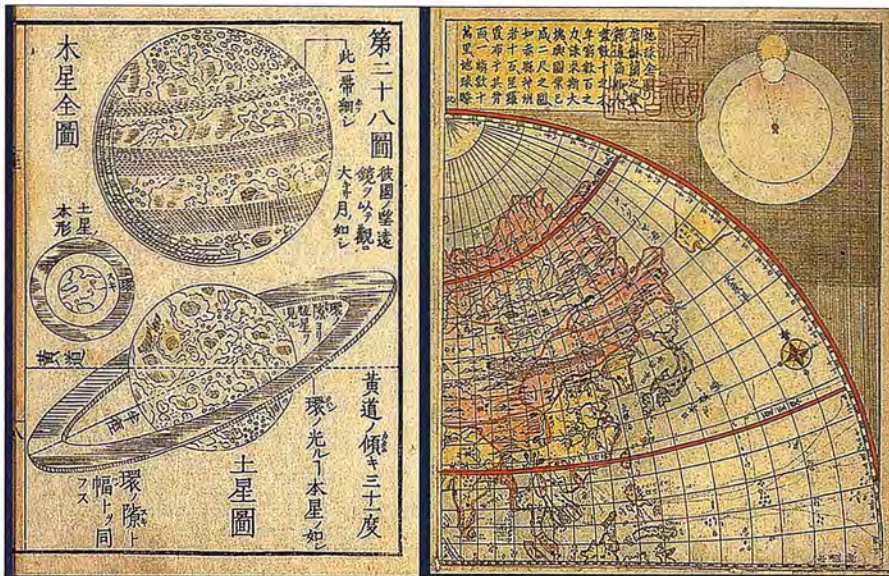


Fig 9. Mapas celestes de Shibu Kokan y el extremo Oriente en su mapa del mundo (1792)

tenía diecisiete años. A partir de entonces se estableció en Sawara (14), en la orilla derecha del río Ono, integrándose plenamente en su nuevo hogar; hasta el punto de llegar a gestionar todo el comercio de arroz y la cervecera de sake, el negocio tradicional de la familia (15). Dedicado a esas tareas, y a otras que le encargaba la comunidad de Honjuku, continuó hasta que cumplió los cuarenta y nueve años, y dejó los negocios en manos de su hijo mayor. Fue entonces (16) cuando decidió cambiar radicalmente de vida y optar por las ciencias geográficas, trasladándose para ello a Tokio, la antigua Edo.

al gran público. También se le proporcionaría información geodésica relevante, pues no tardó en querer medir la Tierra, a través del arco formado por el mismo Observatorio donde recibía las clases y su propio domicilio. Sin embargo, tras consultar con su profesor, se le hizo ver la conveniencia de ampliar el arco y considerar el formado por las ciudades Yedo y Yezo, las cuales tendrían que enlazarse mediante el necesario levantamiento. Finalmente fijó en 28.2 ri (≈ 110.85 km) el desarrollo del grado, cometiendo un error de tan solo 130 metros si se compara con las cifras actuales; el arco medido estaba comprendido entre los paralelos de 35° y 41° de latitud. (Ver figura 10).



Fig 10. Inoh Tadataka en la ciudad de Sawara, delante de él aparece una brújula con su bastón y trípode, pudiéndose observar en la parte superior la alidada. La imagen de la derecha es un detalle de la brújula que se representa en otra estatua de Tadataka (Tomiooka Hachiman Shrine in Koto-ku. Tokio)

Por esas mismas fechas, el gobierno de Shogunate necesitaba con urgencia un mapa de Japón verdaderamente fiable, con el que tomar decisiones racionales ante el conflicto que se mantenía con Rusia. Ante la necesidad tan perentoria, Takahashi aprovechó la coyuntura para dar luz verde al proyecto geodésico de Ino Tadataka, pues de esa forma se podrían atender los dos requerimientos con el mismo esfuerzo; con la importante condición de que todos los gastos asociados a esas mediciones debían correr a cargo del propio Ino (18). Se explica así, que una vez ultimada su formación académica y adquiridos los conocimientos geográficos necesarios, se enfrascase de lleno en una tarea, a la que se dedicó hasta el final de sus días, midiendo la totalidad del territorio, tanto el litoral como el interior de cada una de las islas (19). El resumen de su actividad topográfica es abrumador: pasó más de 3700 días midiendo, recorrió una distancia próxima a los 35000 kilómetros (casi el perímetro de la Tierra) y formó mapas con diversas escalas, aunque las de 1/36000 y 1/216000 fuesen las más significativas.

Las características técnicas de sus operaciones fueron revolucionarias en Japón, ya que se apoyaron en vueltas de horizonte efectuadas, en ocasiones, desde puntos prominentes de su país, sustentadas a su vez en más de 1100 determinaciones de la latitud, y en la longitud de diferentes lugares, un avance transcendental al compararlo con la metodología hasta entonces (20) en uso. Aunque fuese fruto de la casualidad, no es del todo extraño que al proceder así lograra indeterminaciones que se suponían próximas a la milésima de grado, es decir del orden de los 100 metros. La fiabilidad de las representaciones cartográficas consiguientes era pues un hecho fácil de constatar, tal como hicieron los ingleses cuando su flota se plantó frente a las costas niponas en 1861 y tuvieron ocasión de ver los mapas de Tadataka (mapas de Ino) que les había mostrado el Tokugawa Shogunate (21). La obra cartográfica de Tadataka fue completada, tras su muerte, por su hijo, alumnos y amigos.

Todos los mapas fueron esencialmente planimétricos, habiéndose empleado signos convencionales de diferentes colores para representar la mayoría de los detalles topográficos, incluidos los núcleos urbanos y algún que otro monumento, como templos o castillos, aparte de las áreas boscosas. No obstante se intentó simbolizar el relieve mediante el ancestral procedimiento de los perfiles abatidos, a los que se dio un tinte verde azulado, en consonancia con la tradición artística de su país. Incluso se incluyeron rizados rudimentarios en algunos sectores del litoral y secciones del terreno con información complementaria superpuesta. Así se procedió, por ejemplo, con la montaña con mayor altitud (≈ 3776 m), el volcán Fujiyama (Fuji), en diversos mapas de esta serie cartográfica.

(Ver figura 11)

En cuanto a los instrumentos empleados, todos fabricados en Japón, fueron muy variados. Brújulas topográficas rudimentarias con alidada, sustentadas por un bastón apoyado en un trípode o incluso con un anteojo central, con

las que se efectuaron todos los levantamientos topográficos. Cadenas de agrimensor, podómetros y cuerdas para medir las distancias (22). Cuadrantes astronómicos de diferentes radios (23), como el que construyó su profesor Shigetomi Hazama, para efectuar las nivelaciones trigonométricas (las primeras efectuadas en Japón) y las observaciones astronómicas; para ello contó también con un reloj de péndulo con el que tomar la hora al determinar la longitud del lugar. Varios telescopios con los que observó los satélites de Jupiter, cuando intentaba determinar la diferencia de longitudes. Amén de un conjunto de útiles de dibujo, de los que se valieron en los trabajos de gabinete. Además de dedicarse Tadataka a la práctica de la cartografía y de la astronomía, tuvo tiempo de escribir varios libros de Astronomía, Geodesia, Topografía y Matemáticas, además de todas las voluminosas memorias de sus trabajos.

Destacan en primer lugar los 28 volúmenes de su diario de operaciones (Sokuryo-nikki), referido al periodo 1800-1816. Los cuadernos con las observaciones de los rumbos (Santo-hoiki), casi setenta volúmenes, básicos para el estudio del magnetismo en el Japón del siglo XIX. El registro de las medidas de latitud (Hokkyoku-kodo-sokuryoki), efectuadas tanto en las estaciones de campo como en la de referencia situada en su residencia de Yedo; desgraciadamente solo se conserva un volumen, creyéndose perdidos entre 30 y 40. El catálogo estelar (Kosei-shikodo-hyo) con las altitudes aparentes de la mayor parte de las estrellas, de magnitud mayor que 6, en el instante de su culminación sobre el meridiano de Yedo; este registro, junto al de su maestro, es uno de los más antiguos confeccionados en Japón. Otra interesante publicación es la que se refiere a la duración de los días y de las noches (Kokugun-chuyajikoku), en la que incluyó además las horas con los ortos y ocasos del Sol en diferentes lugares de Japón. En el campo de las matemáticas fue muy señalado su libro para explicar la construcción y manejo de la tabla de logaritmos (Taisuhyo-kigenjutsu-narabini-yoho). No puede dejarse de citar su Manual de Topografía (Ino-Toka-ryu-ryochi-denshuroku), una obra con dos volúmenes, que fue escrita por su alumno Keijiro Shin Watanabe, aunque él mismo indicó que se le debería atribuir a su maestro.

Inoh Tadataka fue pues un geodesta ilustrado, que perteneció al selecto grupo de japoneses que pretendieron importar la ciencia y tecnología occidental para modernizar su nación. En él concurren además un fuerte espíritu emprendedor y un empeño en divulgar el conocimiento científico, unas cualidades que todavía se le reconocían en el año 1924, fecha en la que sus mapas eran el prototipo de la cartografía militar (24) por excelencia, y aún se le reconocen en el Japón actual, como evidencia el Ino Tadataka Memorial Museum de la ciudad de Sawara y otra prueba menor, pero singular, la acuñación de un sello en su honor para conmemorar el 250 aniversario de su nacimiento. El sello apareció por tanto en 1995, mostrando, junto a un retrato del protagonista, una parte del mapa de la provincia de Kazusa centrada aproximadamente en Edo.

(Ver figura 12)



Fig 11 El Monte Fuji en uno de los mapas de Tadataka. Dai Nihon Enkai Yochi (Levantamiento completo de las Costas Japonesas)



Fig 12. Instrumentos usados durante los levantamientos: Podómetro, Cuadrante y Cuerda. Ino Tadataka Memorial Museum

Las campañas geodésicas y cartográficas

Los trabajos de campo los inició Tadataka el 11 de junio de 1800, a la edad de 56 años, partiendo de su residencia en Kuroyecho (25) junto a su segundo hijo, dos alumnos y dos sirvientes. Desde allí se dirigió hacia el Norte por carretera a Oshu, midiendo las distancias a pasos y la orientación del itinerario mediante una brújula, a una velocidad media de entre 30 y 50 kilómetros por día. Desde el primer momento realizó observaciones astronómicas para calcular la latitud de cada ciudad o pueblo en donde pasaba la noche. Después de veinte días llegaron a Mimumaya, una villa al Norte de Honshu, desde donde viajaron en barco hasta Ezo. Allí decidió medir las distancias con cuerdas, pero viendo que invertirían demasiado tiempo decidieron seguir el mismo procedimiento aproximado que habían empleado hasta entonces. Pasaron después más de sesenta días midiendo a lo largo de la carretera que unía Hakodate y Nishibetsu. Desde ese último lugar continuaron su expedición hacia el Oeste hasta llegar a Matsumaye,



Fig 13 Grafómetro con brújula incorporada, similar al empleado por Inoh Tadataka. La alidada móvil lleva en sus extremos los elementos de puntería, idénticos a los que figuran en la base del semicírculo graduado



Fig 14. Fragmento de un mapa de I. Tadataka a 1/36000. Hoja Toe Mikawa (Oigawa Hamanako). Cartoteca de la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos de América

desde donde navegaron hasta su punto de partida en Mimumaya. Esta primera campaña de trabajos de campo finalizó con la remediación de la carretera de Oshu, que les llevaba de nuevo a casa, llegando a Yedo (26) el 7 de diciembre.

Al procesar los datos obtenidos en esos levantamientos, comprobó Ino que el desarrollo de un grado de meridiano era próximo a los 106 km, un resultado poco aproximado que podía explicarse a la vista de que fueron demasiado rudimentarios. No obstante utilizó ese valor para confeccionar los mapas de la zona en cuestión, a dos escalas diferentes: una grande $\approx 1/44000$ y otra pequeña $\approx 1/440000$. Acto seguido los presentó a los oficiales del Shogunate, los cuales los recibieron con satisfacción, al mismo tiempo que reconocieron el buen hacer topográfico de Ino Tadataka. Ante tan buena recepción propuso este extender sus trabajos a toda la costa comprendida entre

Yedo y Ezo, con la intención de aumentar la exactitud y con la pretensión de contar con más protección gubernamental. Sin embargo su proyecto no fue aceptado y, tras la correspondiente negociación en abril de 1801, solamente aceptaron el levantamiento de la costa Este de Honshu en análogas condiciones a las del año anterior, de manera que la isla de Ezo quedó inconclusa. Aunque no se sepa por qué medio, el gobierno se enteró de la buena reputación de Ino en Sawara e inesperadamente actuó en consecuencia, recompensando tanto a él como a su hijo mayor con una suma de plata y con su integración en la clase de los samuráis.

Con tan buenas noticias, se inició la segunda campaña en el mes de mayo, midiendo durante 60 días el litoral de las provincias de Musashi, Sagami e Izdu, además de la zona oriental de la carretera de Tokai. Inmediatamente después Awa, Hidachi y Mutsu, llegando a Mimumaya pasados más de 130 días. Camino de regreso a su hogar, volvió a medir la carretera de Oshu, llegando a Yedo en el mes de junio de 1802. Aunque el reconocimiento oficial no llevaba aparejada inversión económica, las condiciones que se encontraron en Honshu fueron mucho mejores que las que padecieron en Ezo. Posibilitándose así un trabajo más acorde con la exactitud que se pretendía lograr. Todas las distancias del litoral se midieron con cuerdas, a razón de 8 a 20 km diarios, interviniendo en las mismas dos equipos. La medida de tales distancias fue heterogénea, pues en la mayor parte de las carreteras se realizó con podómetro, haciéndolo a pasos por la que discurría al Norte de Honshu, que estaba cubierta de nieve. Combinando y compensando los resultados obtenidos, se pudo asignar al grado de meridiano un desarrollo de unos 110.8 km y formar los pertinentes mapas, a las escalas siguientes: 1/36000, 1/216000 y 1/432000.

En esta ocasión, el impacto causado en el gobierno por los mapas de la costa oriental de Honshu fue determinante para que se decidiera a financiar todos los posibles gastos que se pudieran ocasionar en el levantamiento de la costa situada al Este de Echizen y Owari. Rápidamente Takahashi dio la orden necesaria para que se iniciasen en julio de 1802 las observaciones de campo. Animado por tan buenas expectativas, Ino pensó en hacer las medidas con la mayor exactitud para verificar mejor el valor que había calculado para el grado, ya que su profesor dudaba de la fiabilidad de la misma. El comienzo de las tareas fue el 10 de julio, contando el equipo con la colaboración añadida del segundo hijo de Tadataka, así como con la de cinco ayudantes. El itinerario se hizo esta vez a lo largo de la carretera que iba de Oshu a Shirakawa, para llegar después al puerto Noshiro. Allí no se pudo observar el eclipse solar, tal como tenían proyectado, a causa de las malas condiciones meteorológicas. Tras esa frustrada observación astronómica, continuaron por la carretera de Aomori, para hacer los levantamientos del litoral en las provincias de Mutsu y Dewa, en el límite del mar de Japón, hasta llegar a Naoetsu. Desde allí volvieron a Yedo, midiendo la ca-

rrretera de Echizen, el 18 de noviembre.

El soporte económico recibido les permitió medir las distancias con cadenas de agrimensor y cuerdas debidamente contrastadas (27), empleándose el podómetro solo a modo de comprobación y en las carreteras transversales de menor entidad. La orientación de los itinerarios se realizó cuidadosamente por medio de brújulas. No obstante, lo más novedoso de esta campaña de campo fue la determinación de las pendientes, que durante años se venían evaluando a estima. Para ello se realizó una especie de nivelación trigonométrica, usando como instrumento un pequeño cuadrante. Para su satisfacción, Ino Tadataka, obtuvo para el desarrollo del grado un valor exactamente igual al que había llegado en sus últimos cálculos. (*Ver figura 13*)

Tras hacer el primer borrador del mapa, reanudaron los trabajos de campo, el día dieciséis de abril de 1803, para efectuar los levantamientos de la carretera de Tokai al Oeste de Numadzu, del litoral de las provincias de Suruga, Totomi, Mikawa y Owari, de la carretera que unía a esta con Echizen, de las líneas de costa en las provincias de Echizen, Kaga, Noto, Etchu y Echigo, así como el de la isla de Sado. De manera que, una vez ultimado el levantamiento del litoral de la mitad oriental de la isla de Honshu, se dio por finalizada la campaña, midiendo para terminar la carretera de vuelta a casa, llegando a Yedo el 20 de noviembre. La metodología de la observación fue similar a la del año anterior, con la importante salvedad de que usaron por primera vez un grafómetro con brújula y alidada incorporada.

En el verano del año siguiente, 1804, ya estaban ultimados los mapas, de la mitad oriental de Japón (exceptuando la isla de Ezo). La presentación a las autoridades gubernamentales se realizó de la siguiente forma: 69 hojas a escala 1/36000, 3 hojas a 1/216000 y una sola hoja a escala 1/432000. Esta última iba acompañada de una memoria que había redactado el hijo mayor de Takahashi, pues el padre había fallecido en el mes de febrero de ese mismo año, y cuya introducción fue escrita por el propio Ino Tadataka. La imagen cartográfica era tan novedosa, y estaba tan bien elaborada, que de nuevo causó sensación en los oficiales del Shogunate. Como premio, Ino fue nombrado asistente del astrónomo gubernamental (28), otorgándosele la condición de funcionario, como un oficial de menor rango de la referida institución.

Todo ello le permitió abordar su nueva campaña (en 1805), de acuerdo con la orden que le asignaba el levantamiento de la mitad occidental del país, contando con el efectivo respaldo gubernamental y con el de los señores feudales a los que se les había solicitado la protección debida. El equipo fue ahora más numeroso, un total de quince personas: el segundo hijo de Ino, dos ayudantes del Observatorio Astronómico, cuatro alumnos y siete colaboradores. La salida se dio a finales del mes de marzo en la puerta Okido de Yedo. Una vez efectuadas medidas rigurosas a lo largo de la carretera de Tokai, se levantó la costa

de las provincias de Ise, Shima, Kii e Idzumi, hasta llegar a Osaka. Volviendo hacia Kyoto y Otsa, hicieron el levantamiento de las orillas del lago Biwa y continuaron trabajando a todo lo largo de las costas de las provincias de Setsu, Harima, Bizen, Bitchu, Bingo, Aki, Suwo y Nagato (frente a Seto), así como las de Iwami, Idzumo, Inaba, Tajima, Tongo y Wakasa, frente al mar de Japón. Durante el trayecto anterior se fueron tomando datos de todas las innumerables islas que se iban encontrando a lo largo del mismo. (*Ver figura 14*)

La gran cantidad de islas que debían ser representadas ralentizó mucho el primer plan de trabajos, para el que se había proyectado una duración de 33 meses. Una circunstancia que, unida a la enfermedad de Ino durante 15 semanas, alteró sustancialmente las previsiones, hasta el punto de modificar la idea del proyecto global del levantamiento y decidir dividirlo en secciones, decidiendo que se debía volver a Yedo una vez terminada cada campaña. Esa fue la razón de que llegados a Tsuruga, decidieran medir algunas carreteras más de vuelta a dicha ciudad, adonde llegaron en diciembre de 2006. Aunque la metodología empleada fuese parecida a la de los ejercicios anteriores, las medidas con el podómetro dejaron de ser sistemáticas y se introdujo la observación de los eclipses de los satélites de Júpiter, como medio ideal para determinar la longitud geográfica.

Dibujados los mapas correspondientes y dirigidas las observaciones astronómicas efectuadas desde su residencia en Yedo, con la inestimable ayuda de sus colaboradores, partió Tadataka para la isla de Shikoku, el día 21 de febrero de 1808, al frente de un equipo igual de numeroso (16 personas). Aparte de las consabidas carreteras, se levantaron los mapas de las islas Shikoku y Awaji en unos nueve meses. Al final de los trabajos, midieron la carretera que unía Osaka con Tsu y volvieron a Yedo en el mes de marzo del año siguiente.

En septiembre de ese mismo año, 1809, se entregaron al gobierno los mapas de la región de Shikoku y otro de Japón a menor escala (1/864000), que les había encargado este. Para ese último usaron la información geográfica procedente de varias fuentes documentales: libros y mapas. Al mes siguiente partió Ino Tadataka para la isla de Kyusshu, al frente de 16 personas, midiendo de camino la carretera de Nakaseu y la de Sanyo. Llegados a Kokura, al Norte de Kyushu, comenzó el levantamiento del litoral de la isla, avanzando en el sentido de las agujas del reloj, incluyendo las islas de Amakusa, hasta llegar a Kokura. Allí inició el retorno a Yedo, midiendo las franjas centradas en varias carreteras de la región de Chugoku: destacando la de Okazaki a Kofu y la denominada de Koshu, que unía Kofu y Yedo, llegando a esta última ciudad en el mes de junio del año 1811. Durante esa campaña, Ino se concentró especialmente en la observación de los eclipses de los satélites de Júpiter. Al mismo tiempo procuró diversificar el trabajo para aumentar la productividad, responsabilizando a su colaborador Teibei Sakabe de algunos levantamientos, aunque cada semana se tuvieran reuniones

de coordinación para que se cumpliera el plan general que se había previsto. Los mapas de la zona se ultimaron en el mes de diciembre de 1811.

En enero de 1812, partió de nuevo Ino, con su equipo de 18 personas, hacia Kyushu; su objetivo no era otro que efectuar el levantamiento de la zona que había quedado pendiente. Yendo hacia Kagoshima midió varias carreteras, antes de emprender el viaje a las islas de Tane y Kaku. Ultimada esa tarea, reanudó los trabajos topográficos en las carreteras más importantes de la parte central de Kynshu, prosiguiendo con otros a lo largo de la costa en las provincias de Chikuzen, Chikugo e Hizen. Después embarcaron para las islas de Iki y Tsushima, y el archipiélago de Goto, en donde realizaron un meritorio trabajo, a pesar de las dificultades que debieron superar. De vuelta a casa y como siempre, se midieron varias carreteras, dando por finalizada esta expedición el día 9 de julio de 1814, fecha en que llegaron a Yedo.

En marzo de 1815 recibió el encargo de hacer el mapa de las siete islas del Pacífico. Como por aquel entonces Ino ya era sexagenario y tenía una salud quebradiza, se decidió que la campaña la dirigiera uno de sus colaboradores, Yinzayemon Nagai, que contó para ello con un equipo de 11 personas. Los levantamientos empezaron en el mes de junio, con la medida de la carretera de Shimoda, las siete islas, la costa Este de la provincia de Idzu y numerosas carreteras en las provincias de Suruga, Sagami y Musashi. Los trabajos duraron hasta el mes de mayo de 1816, llegando a Yedo el día 9.

A pesar de que el gobierno valorase tanto todos los mapas que se les habían entregado, le ordenó que hiciera uno global de Japón, pensando que podría lograrlo a partir de toda la información obtenida en sus campañas, desde el año 1800. No obstante, Ino les propuso un proyecto para efectuar el levantamiento topográfico de carreteras, lagos y ríos de la parte oriental del país, para completar de esa forma el del todo su territorio. El gobierno, lejos de aceptar tan sensata propuesta, le encargó a finales del año 1816 un plano muy detallado de la ciudad de Yedo. Los trabajos duraron poco más de 10 semanas, de manera que una vez dibujado a escala 1/6000 le fue entregado a las autoridades gubernamentales a comienzos del año siguiente.

En cuanto al mapa de Japón, se requería un esfuerzo mucho mayor, máxime cuando varios miembros de su equipo causaron baja por enfermedad, u otras circunstancias, y se había decidido incluir en el mismo a toda la isla de Ezo (la actual Hokkaido), aunque fuese aprovechando los datos obtenidos, durante unas mediciones previas, por Rinzo Mamiya, un discípulo de Ino. Por otra parte surgieron también serias complicaciones cuando la salud de Tadataka le obligó a jubilarse en el mes de mayo de 1818, retirándose a su residencia de Kamejimacho (29). Su pronto fallecimiento fue guardado en secreto por si tan desagradable noticia hubiera podido retrasar la marcha de los trabajos, una medida innecesaria puesto que no se ultimaron hasta el verano de 1821.

La presentación del producto final (30) se hizo a tres escalas diferentes, una por cada serie cartográfica, junto a una voluminosa memoria Yen kai-Jissokuroku. El sistema cartográfico empleado fue la proyección trapezoidal (31), usando como meridiano origen el de Kyoto. Además del original se hizo una copia para los descendientes de Ino Tadataka. Desgraciadamente no se conservan ni el original ni la primera copia, los ejemplares del primero se quemaron en el incendio que sufrió el palacio imperial en el año 1873 y los de la copia (32) se destruyeron en el gran terremoto de Kanto (1923); por consiguiente solo se conservan ahora copias y reproducciones más o menos fidedignas (33). La serie a mayor escala (1/36000), denominada daizu, constó de 214 hojas, en las que las carreteras y líneas de costa se dibujaron en rojo. Se localizaron mediante intersecciones angulares los núcleos urbanos, templos, ríos, límites administrativos, montañas, islas y otros detalles que se encontraban en las proximidades de las carreteras; añadiendo siempre los correspondientes topónimos. El relieve se simuló mediante el socorrido sistema de los perfiles abatidos tan característicos de la cartografía japonesa, usando un color verde con un cierto tono azul, mucho menos intenso que el empleado en lagos y otros detalles de agua. Esta fue la única serie que podría catalogarse como cartografía básica, en cuanto que se obtuvo solo a partir de los resultados de los levantamientos, pues las otras dos se formaron basándose en ella.

incluso el valor del acimut en cada caso. Otro elemento cartográfico relevante de la misma, fue la incorporación de una cuadrícula negra de meridianos y paralelos. La serie de menor escala, también conocida como shozu, 1/432000, tenía solo tres hojas y omitía detalles de la serie anterior por tratarse de una generalización de la misma (34). La memoria de las tres series tenía catorce libros y detallaba las latitudes de las estaciones astronómicas de Ino, las distancias entre las principales ciudades o pueblos, junto a las carreteras o al mar, así como los perímetros de los lagos e islas. Hasta septiembre del año 1821 no se hizo pública la muerte de Ino, unos días después del anuncio se le recompensó al hijo mayor con una importante cantidad de arroz, que recibiría anualmente, y con una pequeña parcela en Nihonbashi (Yedo); como reconocimiento al meritorio trabajo que su padre había completado durante largos años con un extraordinario esfuerzo.

Naturalmente los planos y mapas de Ino Tadataka fueron secreto de estado y usados únicamente, con fines oficiales, en la biblioteca del gobierno que los custodiaba. Sin embargo hubo un sonado episodio de espionaje, gracias al cual fue a parar a manos de la embajada alemana una copia del mapa a menor escala. El “traidor a la patria” fue precisamente el astrónomo Kageyasu Takahashi, el cual recompensó así la entrega de varios libros traídos de Alemania por Siebold (35), un miembro de la embajada.

Descubierto el asunto, se expulsó al alemán de Japón y se encarceló al hijo del profesor de Ino, el cual permaneció preso hasta su fallecimiento. No obstante el espía logró sacar del país una copia del mapa, que publicó en 1840; aunque cambiando el sistema cartográfico original por el desarrollo cilíndrico y directo de Mercator. Fue así como el mapa de Ino formó parte de las cartotecas europeas antes que de las japonesas, propiciando además la publicación de otros mapas basados en aquel.

Metodología y fiabilidad

Los procedimientos seguidos por Ino Tadataka en sus levantamientos topográficos no diferían demasiado de los que se venían empleando en

Japón desde tiempo inmemorial (36), con la importante salvedad de que efectuaba numerosas reiteraciones y controlaba sus mediciones mediante observaciones astronómicas en muchas de sus estaciones. En su época eran de sobra conocidos métodos tan clásicos como la poligona-



Figura 15. Mapa de Ino Tadataka, copiado por Kageyasu Takahashi alrededor de 1827. Se compone de tres hojas: Este y Oeste de Japón, además de la Isla de Ezo. El astrónomo japonés la entregó a von Siebold como contrapartida al libro que este le había dado sobre El Viaje alrededor del Mundo, escrito por el almirante ruso Kruzenshtern, y a otros más que le había traído desde Alemania. En la parte superior se ha incluido un mapamundi de Takahashi y en la inferior un grabado del naturalista alemán

La serie de escala media, llamada chuzu, 1/216000, constó de 8 hojas. Aunque la información que proporcionaba era menos detallada que la de la serie anterior, se superpusieron, como complemento, líneas rojas en la dirección de las principales montañas e islas, aportando

ción, las intersecciones, las abscisas y ordenadas, etc. La nivelación también se practicaba ya, basándose en un principio análogo al que se empleaba en Occidente, aunque no se usaran aún los equialtímetros (niveles de aire). El método de la triangulación, en cambio, no se había introducido todavía, aunque la proliferación de errores asociada a los levantamientos de gran extensión se procurase aminsonar mediante vueltas de horizonte realizadas desde puntos culminantes del terreno, o bien apoyando el trabajo en el cálculo astronómico de la latitud y longitud de las estaciones principales del itinerario.

En los levantamientos del litoral y de carreteras se usó siempre el itinerario, o poligonal, midiéndose las distancias con la cadena de agrimensor o con una cuerda hecha de palma (37), aunque al comienzo de los trabajos se hubieran cuantificado a pasos o con podómetro. El cálculo de los rumbos de sus lados, o la orientación de la poligonal, siempre fue por procedimientos magnéticos (38), es decir que se lograba a partir de la posición de una aguja imantada. La pendiente de las carreteras se hizo a estima en las primeras campañas, aunque en las siguientes se emplease para ello un pequeño cuadrante. Cuando la medida de distancias no era factible para hallar la posición de puntos relevantes, se usaba la intersección angular, tomando como base un lado del itinerario principal o de otro secundario proyectado a tales efectos. Desde vértices específicos se radiaban templos, torres, árboles de gran altura, colinas o banderas puestas a propósito en la zona de influencia de la carretera; hallando siempre que fuese posible los rumbos de las visuales correspondientes. Ino Tadataka tuvo siempre la precaución de proyectar y observar itinerarios cerrados, para poder calcular así los errores cometidos y compensarlos en su caso.

zonas cuadradas de 25 o 100 km², sin tener en cuenta la curvatura de la Tierra en ninguna de ellas. Esos mapas parciales se iban después componiendo para representar regiones de mayor extensión, hasta que quedaba cubierto la totalidad del territorio proyectado. Sobre la imagen final se dibujó la red de meridianos y paralelos, de acuerdo con la proyección equivalente de Sanson-Flamsteed, en las que los primeros son arcos de sinusoides, exceptuando el meridiano que se tomó como origen de longitudes que era recto, y los segundos rectas paralelas al eje de las abscisas.

Este sistema cartográfico fue utilizado posteriormente, tras la muerte de Tadataka, para confeccionar el mapa global de Japón.

El defecto principal de tal sistema era su falta de conformidad, la cual complicaba necesariamente su explotación métrica. Consciente de ello, Yoshitoki Takahashi ideó, entre 1802 y 1803, una especie de proyección cónica y le propuso a su alumno que la adoptara en lugar de la equivalente. Como los defectos de la proyección elegida por Ino ya los había apreciado él con toda claridad en las zonas perimetrales de sus mapas, decidió acceder a la petición de su maestro, aunque modificase ligeramente la solución propuesta por aquel. En todo caso, el proceder cartográfico de Tadataka no fue muy ortodoxo, en tanto que las discontinuidades, o rasgaduras, que son propias del sistema trapezoidal (39) intentó obviarlas con soluciones poco acertadas. Así lo puso de relieve Otani (40), cuando afirmaba: "Consequently, the meridian lines on the compiled map lost their proper meaning, excepting in the region of Chugoku and a part of Tokaido, where the form of meridian lines on the minor map was accidentally equal to that on the compiled one".



Fig 17. Fragmento de un antiguo mapa de Yedo (1804) a escala 1/24000 (Choroku Edo zu utushi). Se presenta también el sello que entró en circulación en el año 1995, para conmemorar el 250 aniversario del nacimiento de Tadataka

Lo más sobresaliente de las mediciones de Tadataka fueron sus observaciones astronómicas, determinando la latitud de más de 1200 estaciones, para poder hallar la longitud del arco de meridiano y controlar sus levantamientos topográficos. La metodología que empleó fue diferencial ya que midió, con un buen cuadrante, las alturas sobre el horizonte de muchas estrellas, en el instante de su culminación, y las comparó con las que se habían obtenido en el Observatorio de Yedo (o estación referente) con igual instrumento. De modo que las diferencias entre los valores correspondientes, una vez promediadas, no eran más que el incremento de latitud entre las dos estaciones implicadas. (Ver figura 18)

Ya es sabido que el sistema cartográfico empleado por él para hacer sus mapas fue del tipo poliédrico o trapezoidal. Así lo dio a entender cuando dividió el terreno en

La determinación de la longitud geográfica fue también otra de las inquietudes científicas de Tadataka. En un principio pensó en la observación simultánea de eclipses de Sol y de Luna, desde el Observatorio anterior y una estación muy alejada del mismo. Así procedió con todos los que

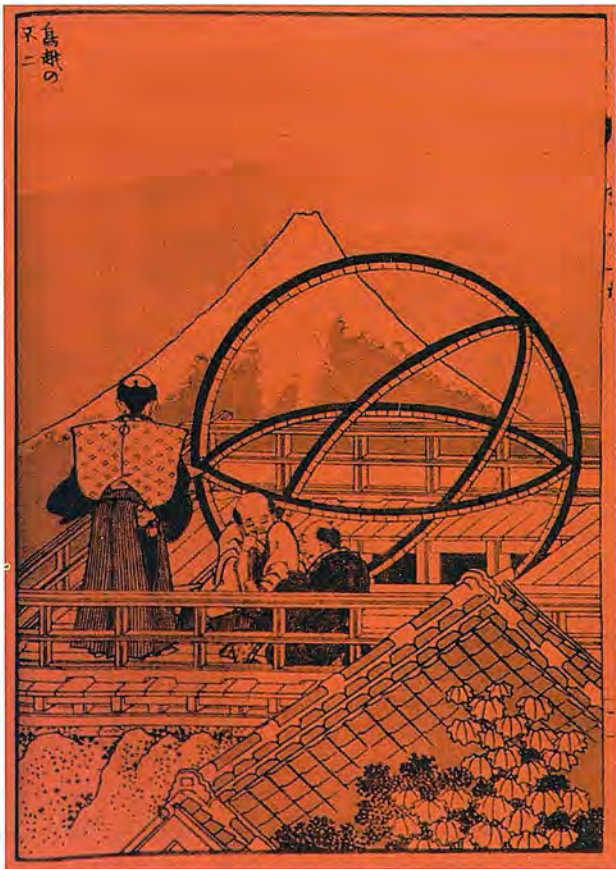


Fig 18. Astrónomos con esfera armilar en el antiguo Observatorio de Yedo. El autor del grabado fue el célebre pintor y grabador Hokusai (1760-1849), contemporáneo de Tadataka, que hizo numerosas vistas del Monte Fuji

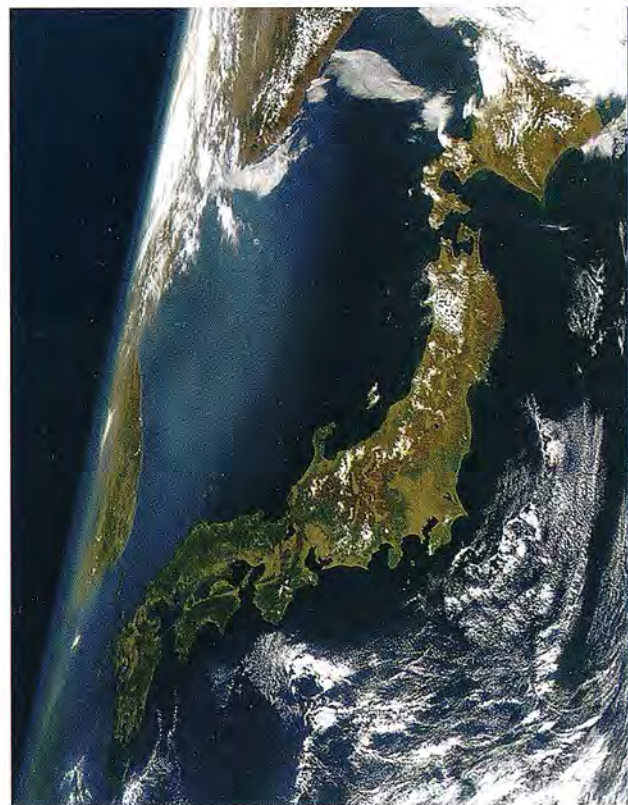


Fig 21. Vista del Japón desde el espacio (30 abril de 1999). NASA: Goddard Space Flight Center



Fig 19. Dos planos de Yedo, Edo o Tokio. El más antiguo lo hizo Nishimuraya Yohachi. El Este está en la parte superior de las imágenes

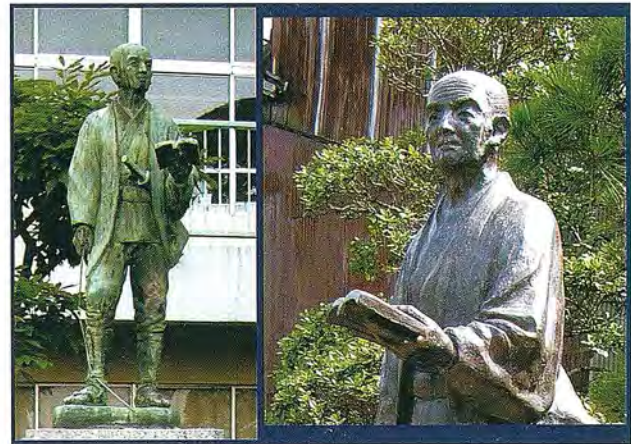


Fig 20. Ino Tadataka en un Instituto de Sawara (Katori-City). Obsérvese la cadena de agrimensor que sostiene con su mano derecha

ocurrieron mientras hacía sus trabajos de campo, tomando la hora con un reloj de péndulo. Sin embargo no logró los objetivos previstos, al no poder asegurar la simultaneidad de las observaciones en una y otra estación. Años después recurrió a la observación de los eclipses de los satélites de Jupiter, como ya es sabido.

La falta de rigor (41) al construir el patrón lineal ideado por Tadataka tuvo su inmediato reflejo en la inexactitud de las medidas de distancias, de por sí poco fiables a tenor del instrumental empleado. Incluso en las mejores condiciones, es muy posible que al medir con cuerdas en las orillas del mar o de los ríos, el error relativo cometido fuese del orden de $1/200$ o $1/300$. Si el instrumento hubiese sido el podómetro el error relativo hubiera sido aún mayor, pudiéndose estimar su valor medio en $2/1000$ o $3/1000$, aunque en algunos supuestos llegase a $6/1000$ y $7/1000$. Como la medida de distancias fue tan heterogénea hubo casos excepcionales en los que Ino extremó las precauciones, como en las carreteras que unían Yedo con Mimimaya o con Kioto, en donde se podría fijarse el error en torno a $1/1000$. En cambio cuando las dificultades de la medida eran considerables el valor del error podría ser sensiblemente mayor $1/200$, $1/300$ e incluso $1/100$ en el peor de los casos. En lo que se refiere a la orientación de la poligonal, dejando de lado la importante confusión de considerar idénticos el rumbo y el acimut, se puede suponer que las

desorientaciones presentes en los levantamientos topográficos rondarían los 10' o 12' en las carreteras, y los 7'.5 o 8'.5 en las direcciones que fijaban las montañas o islas lejanas. (Ver figura 19)

Aunque la construcción del cuadrante empleado en las observaciones astronómicas permitiera una apreciación teórica de 5'' a estima, es muy poco probable que la propia graduación de su limbo lo hiciera posible. En consecuencia es más razonable suponer que el error instrumental de una simple observación fuese del orden de los 30'', aunque el error final sería menor por el aumento del número de observaciones. Como el valor último de la diferencia de latitud entre una cierta estación y la de referencia se obtenía a partir de la observación de más de 20 estrellas, es muy probable que el error final pudiera cifrarse en unos 10''. Sin embargo, la toma en consideración de las incertidumbres presentes en los datos recogidos en los catálogos estelares y las reducciones asociadas a cada estación astronómica, son dos factores que limitan la fiabilidad del incremento de latitud a unos 30'', en los casos más desfavorables. Como a la estación fundamental de Kuroyecho se le había asignado una altitud absoluta de 35° 40' 30'', la cual se habría obtenido probablemente como redondeo del promedio de varias observaciones en las que se apreciase el medio minuto, y se trata de un valor acorde con el moderno de 35° 40' 17'', se puede concluir que los 13'' de diferencia podría ser también la discrepancia entre las latitudes observadas en diversas estaciones de la poligonal y su verdadero valor. (Ver figura 20)

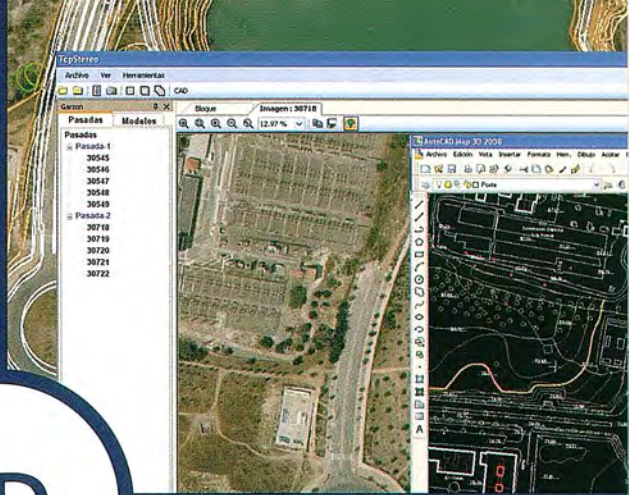
El valor de 28.2 ri que dio Ino para el desarrollo del grado de meridiano, lo calculó dividiendo el de todo el arco, por medio de sus levantamientos topográficos, por la amplitud angular del mismo expresada en grados, es decir por los 60 de diferencia entre las latitudes de los paralelos extremos (35o y 41o). La equivalencia métrica resulta obvia, una vez sabido que el shaku era próximo a los 10/33 metros, esto es unos 30.33 cm y que era igual a 1/12960 ri. El valor de 110.85 km del grado solo se diferenciaba 0.13 km de los 110.98 km que se obtendrían para su desarrollo medio sobre el elipsoide de Bessel (42), comprendido entre las dos latitudes citadas. De modo que en términos relativos se había cometido un error próximo a la milésima, demasiado pequeño si se tienen en cuenta los múltiples factores negativos que lo condicionan. Otra circunstancia que apunta en la misma dirección, de compensación casual, fue el hecho de suponer la Tierra esférica a pesar de que Tadataka era consciente de su aplastamiento polar (43).

Durante sus campañas de campo intentó calcular las diferencias de longitudes, observando para ello seis eclipses de Sol y de Luna, y 20 de los satélites de Júpiter. No obstante resultaron ser operaciones fallidas, pues solo dos de los primeros y muy pocos de los segundos fueron observados simultáneamente desde el vértice de la poligonal y desde la estación de referencia. En su favor han de reseñarse las buenas determinaciones de la hora local con su reloj de péndulo, todo lo contrario debe decirse de las re-

alizadas mediante el cuadrante (o con su rudimentario instrumento de tránsito) con indeterminaciones mayores de los 10 segundos. Esa cantidad no era fácil de lograr ni en la estación fija, creyéndose que unos errores instrumentales de 10s en las observaciones de los eclipses de Sol y de 30s para los de Luna o de los satélites jovianos fueron muy posibles. De modo que no es disparatado suponer que la longitud de una cierta estación se obtuviera con incertidumbre de unos 5' o más (44). Consiguientemente, Ino no pudo valerse de esas medidas de longitud para controlar la bondad de sus levantamientos topográficos (45). (Ver figura 21)

Referencias

1. Erik Wilhelm Dahlgren (1848-1934), director de la Biblioteca Real de Estocolmo, afirmaba en su libro *Voyages français a la mer du Sud (1900)* que ello era el resultado de las observaciones astronómicas efectuadas por un marino portugués que zarpó de Japón a bordo de un junco chino y que, de escala en escala y de isla en isla, había llegado hasta algún punto del estrecho de Formosa.
2. *The Evlution of Cartography in Japan. Imago Mundi. 1935.*
3. *El estado dejó de ser la unión poco cohesionada de familias para transformarse en uno centralizado en el que se abolió la propiedad privada, que pasó a manos del emperador.*
4. *A veces también aparece escrito como Gyoki.*
5. *The Cartography of Asian peoples, un capitulo del libro History of Cartography. Leo Bagrow. 1985. La forma tan ajustada de Japón en este mapa de Texeira, probaba que en Europa ya era conocida antes de que se publicase el Theatrum de Ortelius.*
6. *Esa manera de proceder se convirtió en una tradición artística que todavía se puede comprobar en las series de mapas elaboradas por I. Tadataka.*
7. *Antes que los jesuitas, llegaron a Japón los marineros españoles y portugueses (entre 1542 y 1543), los cuales serían después conocidos como los Bárbaros del Sur. El impacto causado por sus relatos en los japoneses tuvo su reflejo en la producción cartográfica de aquel país. Así lo prueba la serie de mapas tripticos (evolución de los del tipo Gyoki) que aparecieron a comienzos del siglo XVII, en los que se dibujaban las travesías marítimas que concurrían al centro de los mismos, coincidente con la Península Ibérica. Algunos investigadores, según comentario de Tadayoshi Miyoshi (Museo de la ciudad de Kobe), creen que este tipo de mapas plegables, a modo de biombos, se idearon en las escuelas de los Jesuitas, eligiendo como modelo un mapa del mundo que había hecho el alemán Petrus Kaerius (1571-1646) en 1609. Es un hecho cierto el interés de la Compañía por hacerse con mapas de aquellos territorios en los que convendría ir de misiones.*



3D



TcpStereo

Visualización en estéreo de fotografías aéreas

Características principales

- Compatible con sistemas de bajo coste
- Para imágenes analógicas y digitales
- Visualización de cartografía sobre el modelo 3D
- Sincronización con CAD
- Herramientas de dibujo y edición sobre cartografía vectorial

Aplicaciones más destacadas

- Visualización rápida y realista del terreno
- Medición 3D
- Comprobación de cartografía
- Digitalización de puntos, curvas de nivel y polilíneas 3D con salida CAD

Productos aplitop

TcpMDT
Modelo Digital del Terreno



Orto3D
Visualización 3D a partir de ortofotos y MDTs

TcpGPS
Replanteo y toma de datos con GPS

TcpET
Replanteo y toma de datos con estación total

TcpTUNEL
Replanteo y toma de datos de túnel

www.aplitop.com
Aplicaciones de Topografía e Ingeniería Civil
Sumatra, 9 29010 Málaga (Spain)
902 43 01 79 info@aplitop.com



8. *Mateo Ricci se integró plenamente en su nuevo país, permaneciendo allí el resto de sus días. Incluso llegó a adoptar el nombre de Li Madou. En China se sigue reconociendo todavía su ingente labor de divulgación científica, buena muestra de ello fueron los sellos de correos que se acuñaron en 1983, al cumplirse el cuarto centenario de su llegada.*
9. *Se tiene constancia de seis copias del mapa. A título de curiosidad señalo que una de ellas fue comprada, en octubre del pasado año 2009, a un coleccionista japonés por un millón de dólares. El nuevo propietario es la fundación norteamericana James Ford Bell.*
10. *Kazutaka Unno. Cartography in Japan. Capítulo 11 (pp.404-410) de Cartography in The Traditional East and Asian Southeast Societies (Volumen 2, Libro 2 de History of Cartography). University of Chicago Press. 1996.*
11. *A pesar del cierre del país, todo apunta a que los padres jesuitas fueron los responsables más directos de la actualización cartográfica.*
12. *El mausoleo ocupa una superficie próxima a las 46,5 hectáreas.*
13. *Antes de esa fecha ya se habían impreso uno en Corea (1473), otro en China (1523) y un tercero en Europa (1595).*
14. *En su antiguo domicilio hay instalado en la actualidad un Museo (Ino Tadataka Memorial Museum) en el que se exponen varios mapas de Tadataka, varios de los instrumentos científicos que empleó en sus levantamientos, sus diarios y otros elementos afines.*
15. *De hecho se casó al año siguiente (1763) con la viuda que quedó al frente de su familia adoptiva. Fue a partir de entonces cuando pasó a llamarse Ino Tadataka.*
16. *Su interés por la Astronomía se despertó cuando tenía 49 años y cayó en sus manos un almanaque chino. El hecho de que no pudiese comprenderlo del todo parece que fue determinante para su radical cambio de vida, ya que comprendió que la única forma de solucionar el asunto era abordando el estudio de esa apasionante disciplina científica.*
17. *Sus dos tratados sobre la astronomía de occidente y su reforma del calendario, así como su traducción de la Astronomía del francés Lalande, contribuyeron decisivamente al desarrollo astronómico de su país. Takahashi fue el asesor científico de Tadataka durante todas sus campañas, hasta que falleció en febrero del año 1804. Dejó muchos trabajos realizados y algunos proyectos inacabados, aunque tuvo la satisfacción de comprobar que las medidas de la Tierra de su alumno aportaban valores acordes con los resultados que figuraban en la obra de Lalande.*
18. *Únicamente se le asignó, en esta primera campaña, un sueldo testimonial, análogo al que habría recibido de ser samurái.*
19. *En realidad centró más su atención en las zonas pobladas de la costa y en las franjas territoriales por donde discurrían las vías de comunicación principales.*
20. *Otani Ryokichi. Tadataka Ino, the Japanese Land Surveyor. La traducción al inglés de esta obra del Profesor de Geodesia, en la Universidad de Kyoto, fue realizada por Sugimura Kazui en 1932. A Otani se debió también un artículo titulado A Brief Account of the Life and Work of Tadataka Ino (Proceedings of the Imperial Academy, 22.10.1918). En él se ha basado la mayoría del texto que aparece bajo los siguientes epígrafes.*
21. *Rango militar hereditario equivalente a generalísimo.*
22. *También se empleó una percha de bambú (Takej-yaku) y una regla metálica (Kusarijyaku) como patrón.*
23. *Con uno de 1.15 m de radio hizo las observaciones astronómicas para calcular la latitud. El sector de su corona circular estaba limitado por dos arcos de 105.2 m y 109.3 m, con divisiones cada 10 minutos. En el limbo se materializaron mediante líneas radiales las lecturas de 0o, 45o y 90o. El cuadrante usado para hallar la pendiente de las carreteras era mucho menor, con un sector comprendido entre arcos de 20 y 40 cm, y con divisiones cada 20 o 30 minutos.*
24. *A propósito de la cartografía militar hay una anécdota, ya citada de pasada, que es muy significativa y que dice mucho a favor de Ino Tadataka. Cuando en 1861 la flota británica solicitó autorización para efectuar el levantamiento cartográfico de Japón, uno de sus capitanes pudo ver ocasionalmente un mapa a pequeña escala de Tadataka, que estaba usando un oficial japonés. Comparando los resultados de sus nuevas medidas con el mapa anterior comprobó que no había necesidad de continuar el trabajo que se venía realizando, con la excepción de algunos sondeos. Cuando el Almirantazgo inglés publicó su mapa de las costas de Japón se indicó que esa información se basaba en los levantamientos originales del geodesta japonés.*
25. *Esa fue también la estación astronómica fundamental de todas sus observaciones, para calcular la posición geográfica de puntos singulares.*
26. *Romanización de la denominación antigua de Edo, la actual Tokio.*
27. *En realidad la contratación realizada no fue del todo fiable. Se cree que Tadataka construyó su propio patrón metálico de unos 30.33 cm (1.0009 shaku) y perchas de 12 shaku.*
28. *Kageyasu Takahashi, hijo del profesor de igual nom-*

bre.

29. Fue entonces cuando dejó escrito su deseo de ser enterrado junto a su profesor, en señal de agradecimiento, indicando que sin su guía no hubiesen sido posibles todos sus trabajos. Sus deseos se vieron cumplidos y fue sepultado al lado de Yoshitoki Takahasshi en el cementerio de Genkuyi (Yedo).

30. *Dai Nihon Enkai Yochi Zenzu* (Mapas de las líneas costeras del gran Japón) fue la denominación oficial.

31. El apelativo tiene un evidente significado geométrico, puesto que las imágenes en el mapa de los trapecios curvilíneos de la superficie terrestre serían también trapecios. Otro de los nombres con los que se identificó a esa proyección fue el de policéntrica, en atención a los múltiples centros de la proyección presentes en el mapa, uno para cada una de las hojas.

32. La copia de los herederos de Tadataka la tuvieron que entregar al gobierno tras el incendio del palacio, pasando a formar parte de la cartoteca de la Universidad Imperial de Tokio.

33. En el año 2001 se descubrieron en la Cartoteca de la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos 207 hojas de la serie daizu, unas reproducciones que se suponen hechas en la era Meiji (1867-1912) o más tarde.

34. Los mapas de esta tercera serie fueron los únicos que se imprimieron en el año 1867, tras ser completadas las calvas de su interior; los nuevos mapas fueron conocidos como *Kanpan jissoku Nihon Chizu* (Mapas de Japón según los levantamientos publicados por el gobierno).

35. Se trataba realmente del médico y naturalista Philipp Franz Balthasar von Siebold (1796-1866), introductor de la medicina occidental moderna en Japón. Como consecuencia del incidente, en el que se le acusó de espiar a favor de Rusia, fue arrestado en su domicilio y expulsado del país el 22 de octubre de 1829; aunque posteriormente pudiera volver sin reparo alguno. El mapa tenía la ventaja de que la toponimia estaba escrita usando el Katakana, una variante romanizada del japonés más fácil de leer para el lector medio occidental.

36. Aunque la brújula fue importada de Cina, a través de Corea, en el siglo VI, parece ser que la práctica de la topografía fue introducida realmente en Japón en el siglo VII y por igual vía. La metodología europea llegó mucho más tarde, ya que según Ryokichi Otani (*A Brief Account of the Life and Work of Tadataka Ino*) fue transmitida al japonés Gonyemon Higuchi, residente en Nagasaki, por un alemán llamado Casper, en el periodo Kwan-yei (1624-1643). En el mismo texto se indica que Higuchi tardó siete años en obtener su licencia para enseñar las materias co-

rrespondientes a esa disciplina.

37. Cuando la medición se efectuaba a bordo de barcas se usaba en cambio una cuerda de cáñamo mucho más larga.

38. Tadataka solo tenía muy ligeras nociones de magnetismo. En la época en que efectuó sus levantamientos, la declinación en Japón era prácticamente nula, con lo que el meridiano magnético casi coincidía con su homólogo geográfico. Así es como se explica su conclusión de que la aguja imantada apuntaba exactamente hacia el Norte verdadero, salvo en aquellos lugares en que las rocas ferro magnéticas alteraban la puntería.

39. El mayor inconveniente del sistema trapezoidal se presenta cuando se analiza globalmente (involucrando varias hojas) y se pretenden unir en un mismo plano todas las hojas que representan a la región considerada. El problema es análogo al que se plantea cuando se desarrolla la superficie de un poliedro, de modo que han de aparecer discontinuidades, sin información geográfica, coincidentes con las desgarraduras existentes entre las diferentes caras de la superficie. La justificación geométrica es aún más clarificadora: imposibilidad manifiesta de que, en un vértice común a cuatro hojas, valga cuatro rectos la suma de los cuatro ángulos.

40. *A Brief Account of the Life and Work of Tadataka Ino*, página 236.

41. Con un error probable de 1/3000, se entiende que la estandarización de las cuerdas y de la cadena de agrimensor alcanzase una indeterminación de igual o mayor orden.

42. Bessel propuso su elipsoide en el año 1841, siendo sus parámetros característicos los siguientes: semieje mayor ≈ 6377.397 km, aplastamiento $\approx 1/299.153$.

43. Pues con toda seguridad debió consultar el libro de *Astronomía de Lalande*, ya mencionado.

44. Otani daba el siguiente ejemplo: La diferencia de longitud entre Shimoda y Yedo, que fue hallada mediante la observación simultánea de un eclipse de Luna (16 de diciembre de 1815) difiere de su verdadero valor en 27', una cantidad considerable.

45. Como contrapunto añadió Otani este comentario lleno de interés: "The Longitude difference between Yedo and Osaka, however, seems to have been checked by the astronomical means for 7 solar eclipses and 11 or 12 lunar eclipses which occurred between 1795-1818, were simultaneously and systematically observed in the Astronomical Observatory of Yedo and the private Observatory in Osaka".

Un análisis hidrogeológico en rocas duras: casos de estudios a nivel mundial y en Cuba

Hidrogeology in hard rocks one study: study case in world level and Cuba

Manuel Núñez Lafitte y Bárbara Polo Gonzalez

Departamento de Dpto. Geología Ambiental, Geofísica y Riesgos, Instituto de Geofísica y Astronomía
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

Resumen

Los estudios hidrogeológicos en rocas duras merecen una especial atención ya que constituyen importantes fuentes de abastos de agua subterránea en varios países. La importancia en el abasto del preciado líquido se ha incrementado durante los recientes años debido a los progresivos agotamientos de los recursos de agua en otros tipos de acuíferos como los cársicos y los granulares. En este trabajo se abordan los rendimientos de pozos en rocas ígneas y metamórficas a nivel mundial y en Cuba en La Cuenca Central de Camagüey y la Cuenca Central Isla de La Juventud. Los pozos perforados en estas zonas constituyen importantes fuentes de abastos a las comunidades poblacionales así como de gran demanda a la agricultura y la industria. Se realiza un análisis del rendimiento de las distintas rocas duras como los granitos, Gneis, Gabros y Esquistos por citar algunos. Se aplican métodos estadísticos clásicos y otros particulares como el test de Kolgomorov-Smirnov, Anales factorial y Análisis Clusters para precisar los caudales en estos tipos de rocas.

Para la confección de los mapas fueron utilizados las facilidades que brindan las herramientas de los Sistemas de Información Geográficas (SIG).

Palabras claves: Hidrogeología en rocas duras, comunidades poblacionales, Cuencas, Análisis Factorial, Análisis Clusters.

Abstract

The hydrogeology studies in hard rocks deserve a special attention since they constitute important sources of supplies of underground water in several countries. The importance in the supply of the valuable liquid has been increased during the recent years due to the progressive exhaustions of the resources of water in other types of aquifer as the karst and the granular ones. In this work the yields of wells are approached in igneous and metamorphic rocks at world level and in Cuba. For this has been selected two area of the country: Central Basins of Camagüey, and Central Basins Younger Island The wells perforated in these areas constitute important sources of supplies to the population communities as well as of great demand to the agriculture and the industry. Analysis of

the yield of the different hard rocks as the granites, Gneiss, Gabros and Schists to mention some. Methods statistics classic and other matters are applied as the test of Kolgomorov-Smirnov, Factorial Analysis and Analysis Clusters to specify the flows in these types of rocks.

For the making of the maps they were used the facilities that you they offer the tools of the Geographical Systems of Information (SIG).

Key words: *Hydrogeology in hard rocks, populational communities, Basins, Factorial Analysis, Clusters Analysis.*

Introducción

Las rocas duras y sus acuíferos asociados se presentan en muchas áreas del mundo (Banks,1994) (Larsson, 1985) . Ellos están expuestos principalmente en amplias áreas llamadas escudos compuestos mayormente por rocas magmáticas y metamórficas de edad precámbrica . El total de rocas duras expuestas en escudos como en las cubiertas es estimado sobre el 20 % de la superficie de la tierra equivalente a 30 millones de km² . En las regiones húmedas los acuíferos en rocas duras no han tenido una especial atención por lo hidrogeólogos y los estudios son frecuentes en geotecnia y en problemas ingenieriles como la construcción de túneles.

(Núñez,1997, 1998) ,(Núñez , Guerra , Molerio,1993, 1995).

El problema fundamental en el abasto de agua subterránea a las comunidades poblacionales incide en las perforaciones inefectivas en las rocas ígneas y metamórficas. El índice de efectividad de las obras de toma de agua subterránea tomado como el porcentaje de captaciones que produzcan caudales superiores a cero l/seg, es muy baja a escala mundial , en algunos casos es tan pequeño como el 20 % pero por lo general oscila entre el 40% y el 50%, en Cuba como promedio del periodo 1984-1991 se encuentra alrededor del 72% (Núñez,1997, 1998,),(Núñez , Guerra , Molerio,1993, 1995) . Brasil 90%, Suecia 85%, Francia 74%, Estados Unidos 75% y en algunos casos aislados en el continente Africano como Togo 80%, Gabón 76% y alto Volta 66%.

En Cuba la captación de las aguas subterráneas se realiza fundamentalmente mediante pozos verticales a percusión o excavados a mano, tales obra se destinan a múltiples propósitos (abastecimiento doméstico, riego y ganadería, etc) lo que agrava considerablemente la conservación de la calidad del agua. La hidrogeología de rocas duras se enfocan desde dos ópticas:

* Según la gestión analítica en facilitar y afinar la comprensión de los fenómenos hidrogeológicos y la conceptualización de los sistemas acuíferos en diferentes escalas.

* Sobre una óptica pragmática en guiar directamente las acciones sobre el agua subterránea sea cual fuera su finalidad.

En sí se requieren de un conjunto de parámetros y variables que no se conocen en absoluto o de manera incompleta, entre ellas el número de grietas acuíferas atravesadas por la perforación, geometría de tales sistemas de grietas (ancho, buzamiento, ángulo de intercepción de tales grietas) y en otros casos se solicitan muchos índices de difícil obtención.

Algunos de los parámetros y variables de entrada son estimados indirectamente lo que ocasiona errores de salida en el modelo analítico. Existen modelos analíticos como el de Jacob, creados para condiciones de contorno de otros medios como el arenoso o cársicos. Se aplican indiscriminadamente provocando un notable incremento en la incertidumbre de las respuestas del modelo seleccionado ocasionando graves pérdidas al sobrestimar la capacidad acuífera del sistema. (Núñez, 1998).

En años recientes, dada la necesidad de precisar los métodos para la selección de las captaciones y su diseño, se han aplicado una serie de técnicas encaminadas a definir las causas que provocan las diferentes acuosidades de las rocas duras, entre ellas podemos citar las relaciones entre los parámetros de diseño de las obras de toma y los factores que controlan la acuosidad de estas rocas [Núñez y Molerio, 1993] 4, lo que posibilita altos coeficientes de éxitos en las perforaciones y pronosticar por los ensayos de bombeo la transmisividad en función del caudal específico y del caudal del pozo (Núñez, 1997, 1998), (Basagaoglu y otros, 2009). Se han aplicado a nivel mundial modelos de flujos en estas rocas algunos en acuíferos volcánicos en Gran Canaria España permitió precisar los conocimientos hidrogeológicos en este medio. (Cruz y otros, 2008).

Los estudios en rocas duras así como las fracturas o grietas nos presentan los siguientes planteamientos:

Planteamiento del problema nivel mundial y en Cuba

* No todas las grietas del mismo episodio tectónico poseen la misma acuosidad potencial.

* Tampoco las grietas de la misma o distinta generación

sometidas a idéntica evolución geológica o geomorfológico presentan acuosidad comparable.

* Obras de captación próxima no necesariamente interceptan al mismo número de grietas acuífera

Antecedentes del problema

En estos últimos años se han aportado diferentes contribuciones en estos medios comenzando por (D. Assouma, R viscaldi, F. Lelong [Thirriet, Margat, 1983 y otros] obtienen la enseñanza de una experiencia confrontando los criterios de implantación de perforaciones y sus caudales de África, basándose en la geomorfología, fotointerpretación y análisis de imágenes aeroespaciales. (Talbo, 1987) realiza un estudio sobre la distribución de las productividades en el zócalo de Bretaña Francia en rocas de esquistos y mica esquistos con la ayuda de los alineamientos morfológicos. (Shankar, Narayana, 1996 y otros) basados en un estudio hidrogeomorfológico utilizan sensores remotos, realizando un análisis de los alineamientos en zonas aluviales y en rocas del Escudo De Gondwana, India y pronostican los rendimientos de los pozos. (Benton, 1988), (Akudago, K, A, 2007).

Rendimientos de pozos

En general las producciones de pozos son bajas en caso todas las rocas metamórficas e ígneas como media la producción para los grupos de pozos en varias regiones son en la mayoría entre 0.62- 1.5 l/seg, siendo en general las producciones considerablemente menores. El hecho de que algunos pozos en casi todas las regiones sean capaces de producir más de 3.12 (l/s) indica que existen zonas muy permeables o altamente fracturadas (Davis, S, De Wiest, R 1973). En la tabla 1 se muestra el rendimiento de pozos de acuerdo a los tipos de rocas duras en algunos países. (Neves, M, Morales, N, 2007).

En el caso de todas las rocas metamórficas e ígneas las producciones de pozos son bajas, como media la producción para los grupos de pozos en varias regiones son en la mayoría entre 0.62- 1.5 l/seg, siendo en general las producciones considerablemente menores. El hecho de que algunos pozos en casi todas las regiones sean capaces de producir más de 3.12 l/seg, esto nos indica que existen zonas muy permeables o altamente fracturadas (Davis, S, De Wiest, R 1973).

En la Tabla 1 se muestra el rendimiento o caudal de los pozos en l/s teniendo en cuenta los diferentes tipos de rocas duras en algunos países y en Cuba. (Neves, M, Morales, N, 2007).

Breve caracterización geólogo, geomorfológico. e hidrogeológica de las áreas estudiadas

Cuenca Central de Camagüey

En el área se presentan rocas del cretácico compuesto de lavas de composición basáltica, intercalaciones de caliza,

PAÍSES / ESTADOS	GRANITOS	GABROS	GNEISS	ESQUISTOS	FILITAS	CUARCITAS	PIZARRAS
Sudáfrica	0.62	-	-	1.57	-	-	
India (Rajastan)	0.38	-	-	-	-	-	0.50
Suecia (Norte de Europa)	0.57	-	0.62	-	-	-	\
*Estados Unidos (California)	0.04	-	-	-	-	-	
Connecticu	0.81		0.75	0.87			
*Maryland	-	0.68	0.75	1.50	0.50	-	
Francia(Bretaña)	0.03	-	0.03	-	-	-	
Costa de Marfil (África)	0.5	-	-	-	-	-	
Ghana (África)	0.07	-	-	-	-	-	
Alto Volta(Aribinda)(África)	0.03	-	-	-	-	-	
Maine (Estados Unidos)	1.56			1.25		0.94	
Carolina del Norte	1.06	1.87	1.43	1.37			
Nueva Inglaterra del Sur	2.37		0.57	0.62			
Gabón (África)	0.03						
Mali(África)				1.2			
Isla de la Juventud(Cuba)						5-20	
Camaguey (Cuba)	0.5		0.07				

Tabla 1. Rendimiento de pozos en rocas duras en algunos países
(diversas fuente, hydrogeology, davis, de wiest, 1973 , larsson ,1985 , banks,1994)

tobas, vulcanitas y el complejo de olistostomas. Presenta un modelo fluvial ramificado con descarga de las aguas superficiales hacia el sur. Los rendimientos en general son iguales y superiores a 1 l/s.

Macizo Central Isla de la Juventud

En el área se presenta el complejo de esquistos metate-rígenos de edad jurásica. Presenta un relieve de llanura ondulada a relieve de colinas con pendiente de 0.1 grado y de 1-3 grados, se asienta un drenaje de tipo radial centrífugo. Los rendimientos en general oscilan de de 1.5 hasta 10l/s. En la figura 1 se muestran las áreas bajo estudio ya que se dispone de información mas precisa, en el caso de la Cuenca Central de las Tunas se esta estudiando actualmente y por eso se representa en la figura 1.

Materiales y métodos

Entre las técnicas estadísticas utilizadas fueron entre otras, la Estadística Sumaria, Análisis Factorial, Test de Kolgomorov Smirnov, Método del vecino más cercano y Análisis de Clusters.

La estadística sumaria en general se puede resumir en la tabla 2.

Denominación	Formulación
Media Aritmética= \bar{x} (1)	$\sum x_i / n$
Varianza = δ^2 (2)	$[\sum x_i / n]^{1/2}$
Desviación Típica = δ (3)	$[(x_i - \bar{x})^2]^{1/2}$
Coefficiente de Variación (Cv(4))	s / \bar{x}
Mediana	Es el valor central de la serie variacional y que la divide en dos partes iguales
Moda	Es el valor que mas se repite en la serie
Mínimo	El valor mas bajo en la serie
Máximo	El valor mas alto en la serie
Rango	Valor máximo- Valor mínimo

Test de Kolgomorov-Smirnov

Este indicador que pertenece a los test de adecuación nos indica la eficiencia estadística de cada variable utilizada en la serie. La expresión matemática es la siguiente: En la tabla 3 se ofrecen los resultados.

Rango / (N)1/2 (5)

Reconocimiento de patrones por el método del vecino más cercano y análisis de clusters

Análisis de Clusters

Esta técnica o grupos de reconocimiento de patrones, también conocidos como análisis de clusters (Roche , 1989, García, 1985) tema de gran importancia en la estadística multivariada, es un método de clasificación de datos y permite conocer sobre el comportamiento de un conjunto de atributos o índices, la relación entre los atributos o solamente en cada una de las variables que se analiza.

El método del vecino más cercano pertenece a los métodos aglomerativos, consiste en fusionar los dos individuos más cercanos o sea los de menor distancia. Cada fusión disminuye en 1 el número de grupos. Es de utilidad sin embargo decir que dos objetos o variables métricas son más semejantes mientras mas corta sea la distancia que los separa en términos de valor absoluto que lo represente. El criterio de semejanza o cercanía depende del objetivo de la clasificación.

Las distancias o funciones de semejanzas mas utilizadas por su eficacia y comodidad lo constituye la Distancia Euclídiana, que establece la similitud entre dos objetos a partir de la distancia existente entre cada uno de los valores que identifica cada variable en un espacio n dimensional, mientras mas parecido sean en sus valores dos objetos mas semejantes son ,de ahí que se defina como la magnitud del segmento que separa a las representaciones numéricas de las dos variables, la expresión matemática es la siguiente:

$X = [(x_1, x_2) \dots]^{1/2}$ (6)

Resultados y discusión

Para precisar el rendimiento de las diferentes rocas duras estudiadas tanto ígneas como metamórficas se procedió al análisis estadístico aplicando la estadística sumaria, el método del vecino más cercano y el análisis clusters. En la tabla 4 y 5 se ofrecen los resultados.

La relación del 2 y el test de Kolgomorov – Smirnov dieron los siguientes resultados:

Granito/ Esquistos 3.41 Granito/ Gneis= 1.95
Gneis= 1.75.

Reconocimiento de patrones por el método del vecino más cercano.

Aplicando el método del vecino más cercano.

Granitos- Esquistos =0.30 Granitos- Gneis= 0.19
Gneis- Esquistos=0.11

Es posible agruparlo en dos Clusters los cuales se resumen a continuación.

I = Granitos

II= Gneis- Esquistos

En la tabla 6 se muestra el análisis clusters en los diferentes países.

Las producciones en los distintos tipos de rocas es significativa si se tiene en cuenta que a escala mundial los caudales superiores a 0 litros representa el 40%, los granitos arrastran el 55% de la serie analizada para un 0.99 % de eficiencia estadística y los esquistos y gneis el 44% , las otras rocas como los gabros, filitas, pizarras y cuarcitas en términos de varianza se agrupan con los granitos y con respecto al coeficiente de variación con los gneis. Por análisis de clusters podemos separar los granitos de los gneis y esquistos siendo los granitos mas productivos, aunque la media aritmética es la mas baja de la muestra analizada. Los granitos predominan como media en 16 regiones del planeta y los gneis y esquistos en 7 regiones. En el caso particular de Cuba caso de estudio zona de Camagüey para los granitos estos se agrupan en el clusters con la India, Costa de Marfil y Alto Volta con caudales de 0.3-0.5 l/s. Con respecto a los gneis se agrupan con Bretaña en 0.3-0.07 l/s, estas rocas son significativas en el abastecimiento de agua en estos países y estados y en Cuba ya que el rendimiento de 1l/s permite entregar en 8 horas de bombeo constante de un pozo en roca dura la cantidad de 28800 l/d que equivale a 28.8m3 si se tiene una demanda por habitantes de 0.145 m3/d de agua satisface a 198 habitantes. En las figuras 2 y 3 se muestran los rendimientos de los granitos y esquistos en diferentes países.

Simbología empleada

$\sum x_i$ = Sumatoria de cada valor de la serie en este caso los rendimientos de cada tipo de roca dura en l/s

n = total de la serie por cada tipo de roca dura en l/s

$X_{ij} = d(i, j) = [(x_i - x_j)^2]^{1/2}$ = Distancia euclidiana o valor normalizado para realizarse la clasificación de objetos

N = Número de grupos o clusters

Conclusiones

Tradicionalmente la hidrogeología se ha dedicado a satisfacer las necesidades de abastecimiento de agua subterránea desarrollando técnicas y procedimientos para caracterizar los medios permeables como son el medio car-

sico y el medio granular., Los medios de rocas duras se consideraban hasta hace poco tiempo como impermeables por el contraste con los anteriores. En si estos medios merecen especial atención en los abastos a la población ya que satisfacen las demandas a pequeñas comunidades.

Referencias

Núñez, M, Molerio, L (1993). *Parámetros hidrogeológicos en rocas de baja permeabilidad, XVI Asamblea de la FMOI, La Habana, Cuba., pp 10.*

Núñez, M.(1997). *Un análisis de los métodos multivariados a los ensayos de bombeo en rocas duras : casos de estudios en Cuba, II Taller Internacional de Geofísica Somera, La Habana, Cuba. .*

Basagaoglu, etal(2009). *Sensitivity of the active fracture model parameters to fracture network orientation and injection scenarios. Hydrogeology Journal, Volume 17, number 6, Germany 1347-1358.*

Larsson, I (1985).. *Aguas subterráneas en rocas duras UNESCO Francia.*

Banks, D (1990). *Groundwater resources in hard rock, experience from study southwestern Norway. Hydrogeology Journal, Germany.*

Núñez, M.(1998). *Los acuíferos en rocas duras, su ocurrencia, uso e importancia, III Congreso de Geología y Minería, La Habana, Cuba.*

Davis, S, De Wiest, R.(1973). *Hydrogeology, Chapter 9, Grund water in igneous and metamorphic rocks, 18-346.*

Neves, M, Morales, R. (2007). *Well productivity controlling factors in crystalline terrain, Basil, Hydrogeology Journal volume 15 number 3, 471-483.*

Boresky, B etal (1982).. *Metódica para la determinación de los parámetros de los acuíferos por datos de aforos, Moscú .*

Benton, C (1988). *Determinación e interpretación de curvas características de pozos construidos en basaltos mediante la diferenciación del comportamiento de los acuíferos atravesados. Artículos Técnicos, Tecnología del Agua, México, DF, 60-63.*

Cruz, T y otros (2008).. *Modelo de flujo en un acuífero volcánico: El acuífero de la Aldea (Gran Canaria). Boletín Geológico y Minero, España, Volumen 119 numero 1, 107-118.*

Akudago, K,A y otros (2007) *Assessment of well design and sustainability in hard rock formations in Northern Ghana, Hydrogeology Journal volume 15 number 3, 789-799.*

gvSIG Sensores

C. Sánchez, PRODEVELOP, S.L

F. Peñarrubia, Software Colaborativo

A. Tamayo, Universitat Jaume I (UJI), Departamento de Sistemas Informáticos

G. Carrión, Conselleria de Infraestructuras y Transporte de Generalitat de la Comunitat Valenciana

Resumen

El protocolo SOS (Sensor Observation Service) es una especificación OGC dentro de la iniciativa Sensor Web Enablement (SWE), que permite acceder a las observaciones y datos de sensores heterogéneos de una manera estándar.

En el proyecto gvSIG se ha abierto una línea de investigación entorno a la SWE, existiendo en la actualidad dos prototipos de clientes SOS para gvSIG y gvSIG Mobile.

La especificación utilizada para describir las medidas proporcionadas por sensores es Observation & Measurement (O&M) y la descripción de los metadatos de los sensores (localización, ID, fenómenos medidos, procesamiento de los datos, etc) se obtiene a partir del esquema Sensor ML.

Se ha implementado el siguiente conjunto de operaciones: GetCapabilities para la descripción del servicio; DescribeSensor para acceder a los metadatos del sensor y el GetObservation para recibir las observaciones.

En el caso del prototipo para gvSIG escritorio se puede acceder a los datos procedentes de los distintos grupos de sensores "offerings" añadiéndolos en el mapa como nuevas capas.

Los procedimientos o sensores que están incluidos en un "offering" son presentados como elementos de la capa que se pueden cartografiar en el mapa. Se puede acceder a las observaciones (GetObservation) de estos sensores filtrando los datos por intervalo de tiempo y propiedad del fenómeno observado. La información puede ser representada sobre el mapa mediante gráficas para una mejor comprensión con la posibilidad de comparar datos de distintos sensores.

En el caso del prototipo para el cliente móvil gvSIG Mobile, se ha utilizado la misma filosofía que para el cliente de escritorio, siendo cada "offering" una nueva capa. Las observaciones de los sensores pueden ser visualizadas en la pantalla del dispositivo móvil y se pueden obtener mapas temáticos, con el objetivo de facilitar la interpretación de los datos.

Palabras clave: SOS, SWE, gvSIG, gvSIG Mobile, sensores.

Abstract

The SOS (Sensor Observation Service) protocol is a specification within the initiative OGC Sensor Web Enablement (SWE), which allows access to observations and heterogeneous sensor data in a standard way.

A research environment to SWE has been launched within gvSIG project with two existing SOS client prototypes for both gvSIG and gvSIG Mobile.

Used specification for describing sensor measurements is OGC's Observation & Measurement (O&M). Sensor metadata description (location, ID, measured phenomena, data processing, etc...) is obtained from the SensorML scheme.

The following set of operations have been implemented: GetCapabilities for describing the service; DescribeSensor for accessing sensor metadata and GetObservation for receiving the observations and measurements.

The gvSIG desktop prototype can access data from different groups of "offerings" sensors on the map just adding them as new layers.

The procedures or sensors that are included in an "offering" are presented as layer elements that can be displayed on the map. Access to these sensor observations is allowed (GetObservation) with the ability to filter data by time interval and properties of the observed phenomena. Besides, information can be displayed on the map using graphics for a better understanding. Comparing data from different sensors is also possible.

On the other hand, the same philosophy has been used for the mobile client prototype on top of gvSIG Mobile. Thus, each "offering" becomes a new layer. In order to facilitate the interpretation of data, the sensor observations can be displayed on the screen of the mobile device and thematic maps can also be customized.

Keywords: SOS, SWE, gvSIG, gvSIG Mobile, sensor.

Introducción

¿Qué es SWE?

Sensor Web Enablement o cómo se traduciría al castellano, habilitación de la Web de sensores consiste básica-

mente en la capacidad de acceder a sensores a través de la red.

En realidad este conjunto de estándares creados por el OGC (Open GeoSpatial Consortium) permiten el descubrimiento automático de estos dispositivos, ofreciendo vía web la información que describen, su posición geográfica, sus procesos internos y operaciones sobre el dispositivo que permiten. Va a proporcionar la capacidad de suscribirse a alertas e incluso controlar remotamente los dispositivos. El objetivo final es estandarizar el acceso vía web a los sensores.

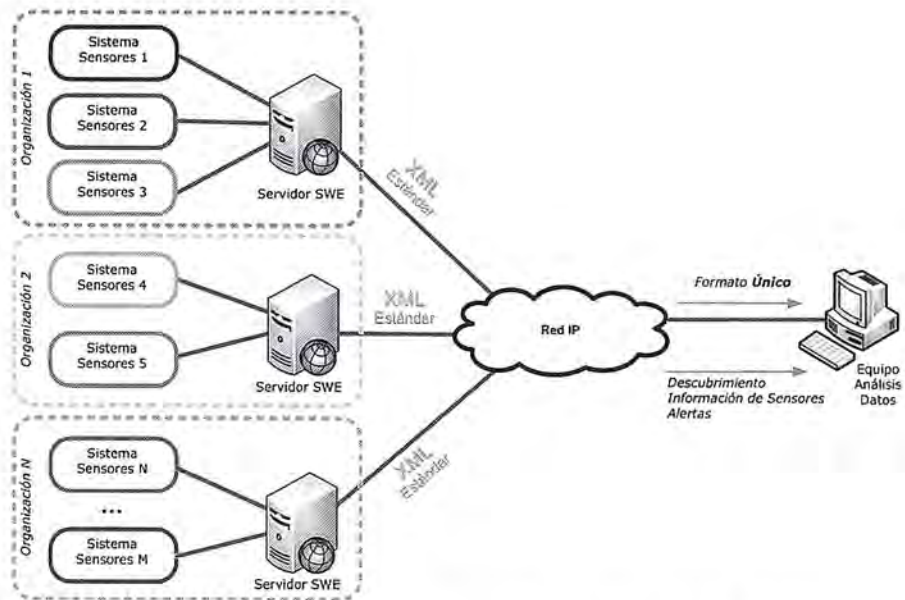


Figura 1: Acceso remoto a varios sistemas de sensores web con SWE

¿Qué es la Sensor Web?

Un sensor web es un sistema donde:

- * Todos los sensores envían posición.
- * Todos los sensores están conectados a la web.
- * Todos los sensores contienen metadatos registrados.
- * Todos los sensores son legibles remotamente.
- * Algunos sensores son controlables remotamente.

Todos juntos forman lo que se denomina la sensor web. Esta red iniciativa del OGC proporcionará la capacidad de auto descubrir los dispositivos que se conectan a la red y describir los datos que proporcionan. Va a permitir que cada Equipo de análisis de datos se conecte a la red y seleccione de todos los dispositivos, uno, varios o todos los que se encuentran, tanto para obtener las observaciones, como para solicitar información sobre los sensores. Además de suscribirse a alertas en los dispositivos que lo permitan, o incluso programar el comportamiento de algunos de ellos como la adquisición de datos.

La ventaja final es estandarizar el comportamiento y los datos de los sistemas de sensores, lo que permitirá la interoperabilidad entre ellos, siendo clave para herramientas de toma de decisiones que necesiten analizar información de todos ellos. La Fig. 1 muestra el resultado en la comunicación al utilizar el estándar.

Visión general

En esta sección vamos a ver un poco más a fondo el estándar del OGC para comprender su funcionamiento.

Especificaciones

Los estándares de SWE se puede clasificar mediante dos parámetros distintos.

Modelos de información

Existen tres modelos de información:

- * SensorML: Sensor Model Language

Describe los sensores o dispositivos conectados a la sensor web, qué posición geográfica tienen, qué tipo de datos miden, qué unidades de medida proporcionan, y todos los parámetros asociados a un procedimiento de medida.

- * O&M : Observations and Measurements

Determina cómo se representan los datos, tanto las observaciones obtenidas como las mediciones.

- * TML: Transducer Model Language

Establece la representación de cómo se transmite un streaming de observaciones en tiempo real.

Web Services

También se divide en cuatro posibles servicios según la funcionalidad que se busque y los datos a publicar.

• **Similitudes SWE - Otras especificac. OGC**

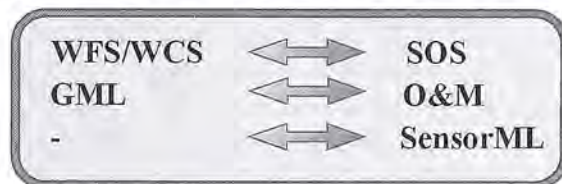


Figura 2: Similitudes SWE con otros estándares OGC

- * SOS : Sensor Observation Service

Permite acceder a sensores configurados disponibles, junto con las observaciones que proporcionan, además de filtrar las consultas y capacidad para agregar nuevos sensores al servicio.

* SAS : Sensor Alert Service

Servicio especializado en publicación y suscripción a alertas de observaciones.

Este servicio y las alertas se programan a partir de unos valores umbral en las observaciones de un sistema de sensores para informar a los suscriptores.

* SPS : Sensor Planning Service

Un servidor SPS permite solicitar disponibilidad de observaciones y capturas a petición del usuario que consume el servicio, permite programar de esta manera las mediciones y el tiempo en el que se toman de forma remota.

* WNS : Web Notification Service

Finalmente para la gestión mensajes asincronos entre el servicio o las alertas programadas (SAS, SPS) y el cliente, se especializa este servicio.

En la Fig. 2 se muestra una comparativa entre el servicio SOS y otros formatos conocidos de OGC como WFS, WCS para ver la ámbito que abarca cada especificación y equivalencias entre ellos.

Piloto Swe Gvsig

Motivaciones para implementar el cliente SOS en gvSIG

La motivación principal para gvSIG se debe a que SWE es un conjunto de estándares abierto creado por el OGC, consorcio que se encarga de la estandarización de los formatos geográficos y espaciales proponiendo formatos abiertos. gvSIG intenta soportando todos los formatos posibles propuestos por el OGC, aumentar la interoperabilidad y accesibilidad con el número máximo de aplicaciones, servicios y datos geográficos.

Actualmente se han propagado a nivel global las IDE's, ya que se ha visto la necesidad de compartir información a través de la web. Estos servicios proporcionan un acceso fácil y remoto a los datos, que permite la reutilización e intercambio de información útil para el análisis.

Añade nuevas funcionalidades que abren un campo de utilización muy amplio a gvSIG, como la capacidad de manipulación de sensores remotos, visualización de observaciones en función del tiempo, geoposicionamiento de en la vista.

Además otorga la capacidad de tratamiento de la información para procesos de toma de decisiones.

Funcionalidades del Prototipo sobre gvSIG

A continuación se describe las funcionalidades del prototipo elaborado sobre gvSIG desktop y gvSIG Mobile.

Abrir una nueva capa de sensores en la vista de gvSIG

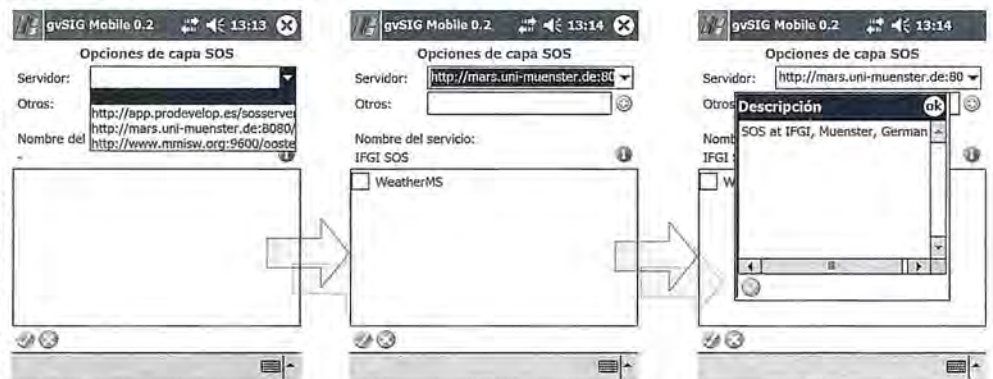


Figura 3: Conexión a Servicio SOS con el piloto Sensores gvSIG Mobile.15

Para ello, se crea una nueva vista en gvSIG, tal como se realiza habitualmente en gvSIG se selecciona añadir una nueva capa y se selecciona la pestaña SOS. (Nuevo proyecto en Mobile y pulsar la herramienta añadir capa SOS) (Ver figura 3)

En el campo desplegable Server hay que introducir la URL de los servicios de sensores SOS que responde a un GetCapabilities, al igual que sucede en el caso del resto de servicios OGC de gvSIG (WMS, WFS,). Finalmente se conecta, pudiéndose ver una descripción de las características que ofrece. En la Figura 3 y Figura 4 se ve el proceso en ambos casos.

En el caso de gvSIG desktop, los metadatos del servicio SOS están estructurados en:

* Service Information: Metadatos generales del servicio.

* Service Provider: Metadatos generales acerca del responsable o proveedor del servicio, incluyendo información de contacto.

La pantalla del dialogo nos permite ver una lista de todos los offerings. Los offerings son agrupaciones virtuales de sensores con alguna característica en común. En terminología de gvSIG lo asimilaremos a una capa de sensores. También es posible ver los detalles de un offering seleccionado, haciendo clic en él, en la lista de offerings (Select an offering). En el caso de gvSIG Desktop los detalles de un offering se agrupan en cuatro bloques, que pueden desplegarse en el árbol.

Un offering se muestra en la vista en forma de capa de puntos. Cada punto representa lo que en terminología OGC se denomina un procedimiento (procedure), y que asimilaremos a un sensor virtual, ya que en realidad puede corresponder a un sensor físico o a un procesamiento de información proveniente de uno o varios sensores.

Sensores Lidar

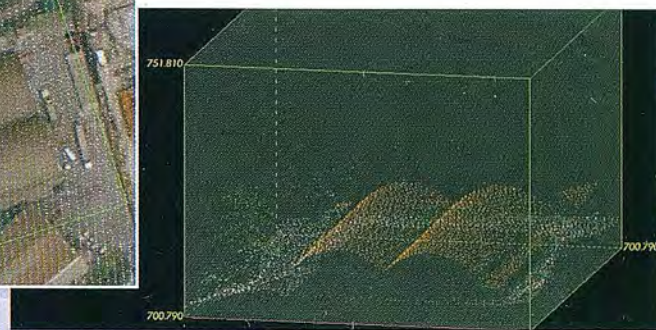
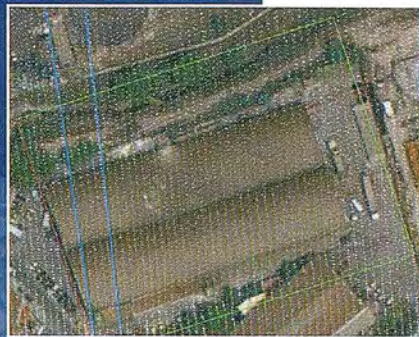
El sistema LIDAR (Light Detection and Ranging) es un sistema láser de medición a distancia, que permite la modelización rápida y precisa del terreno, compuesto por un receptor GPS y un sistema inercial (proporcionan la posición, trayectoria y orientación del láser), un emisor y un barredor (scanner) que permite obtener una nube muy densa y precisa de puntos con coordenadas XYZ.

Aplicaciones:

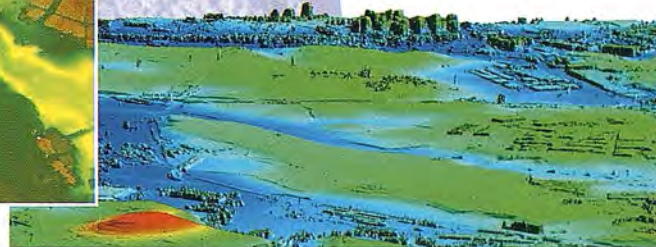
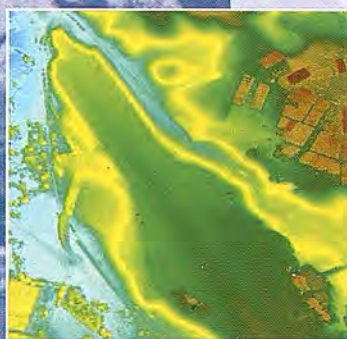
- Aplicaciones cartográficas
- Modelos hidráulicos
- Estudios forestales
- Modelos tridimensionales urbanos
- Seguimientos de costas
- Líneas eléctricas, inventario, puntos críticos

Productos derivados:

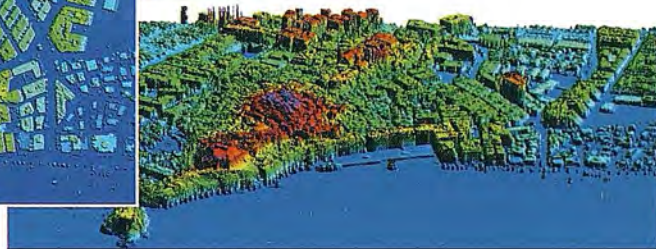
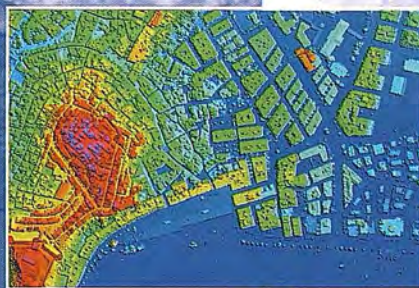
- Curvas de nivel
- Modelos hidráulicos
- TINs
- Cubicaciones
- Perfiles transversales o longitudinales
- Mapas de pendientes
- Mapas de exposiciones
- Visualización 3D



Vuelo digital + LIDAR. 18 cm, Comunidad de Madrid



Aeropuerto de Pamplona. Modelo Digital de Superficie generado por LIDAR - Malla de 2x2m



LIDAR en Almuñécar (Granada) para estudios de inundabilidad

Ventajas frente a otras técnicas:

- 1 **Precisión altimétrica:** 10-15 cm
- 2 **Densidad de puntos:** 0,5 a 8 puntos/m²
- 3 **Homogeneidad** en todas las áreas de un proyecto
- 4 **Obtención de MDT y MSD**
- 5 **Continuidad del MDT:** debajo de arbolado, debajo de edificación, eliminación de estructuras
- 6 **Precio:** Excelente relación precisión/precio
- 7 **Rapidez:** cortos plazos de entrega para grandes superficies



Paseo de la Habana, 200 • 28036 Madrid (Spain)
Tel: +34 91 343 19 40 • Fax: +34 91 343 19 41 • info@stereocarto.com

www.stereocarto.com



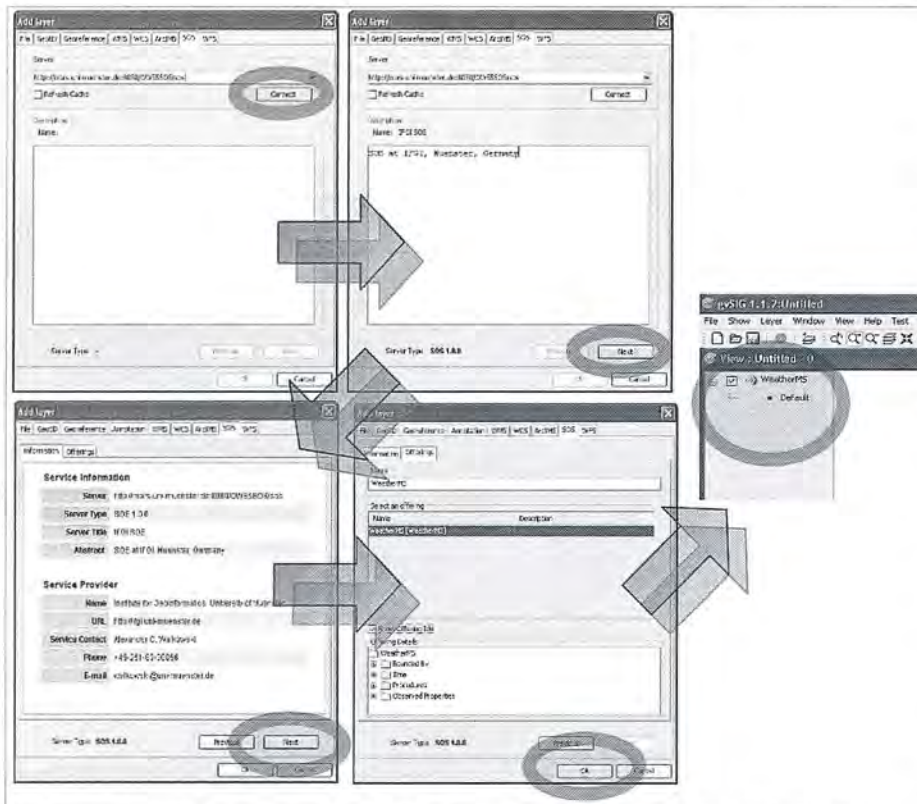


Figura 4: Conexión a Servicio SOS con el piloto Sensores gvSIG Desktop

Consultar atributos de sensores

Una vez mostrada la capa de sensores, se puede interactuar con ella igual que con el resto de capas de gvSIG. Así, por ejemplo, se pueden consultar los atributos de un sensor, utilizando la herramienta de información de gvSIG. En gvSIG Desktop hay que activar la nueva herramienta de información y a continuación seleccionar uno de los puntos de sensores.

En la ventana de resultados se mostrará en el panel de la izquierda el nombre de la capa activa (offering de SOS), en el panel intermedio la lista de procedimientos existentes en la ubicación en la que se ha hecho clic. Haciendo clic sobre cualquiera de ellos se puede acceder a sus atributos.

Los atributos de un sensor (o procedimiento) muestran la última medida obtenida del servicio de sensores. En caso de realizar una nueva conexión, no aparecerán valores hasta que no se realice una solicitud de observaciones, como se describe más adelante.

Para cada uno de los fenómenos o tipos de propiedades que ofrece cada sensor, es posible consultar dos valores de atributos:

* Tiempo: Instante de tiempo en el

que se tomó la medida u observación.

* Valor: Valor de la medida u observación.

Consultar observaciones de sensores

La información que proporcionan los sensores de acuerdo a los estándares de interoperabilidad y esquemas de datos del OGC, puede contener un volumen elevado de datos para una geometría simple. Por este motivo existe una operación GetObservation definida en SOS, que permite acceder a las observaciones y medidas de un sensor.

Para consultar las observaciones, se ha creado una herramienta específica en gvSIG. Seleccionando esta herramienta y pulsando sobre algún sensor

de la capa de sensores se mostrará una ventana con una lista de todos los sensores (procedimientos) seleccionados. Pulsando sobre uno de ellos despliega un árbol con los fenómenos o tipos de propiedades disponibles para el sensor.

Seleccionando una propiedad, se añadirá el tiempo y el valor de dicha propiedad a la tabla situada en el panel de la parte derecha.

Por defecto, al entrar en la ventana por primera vez no

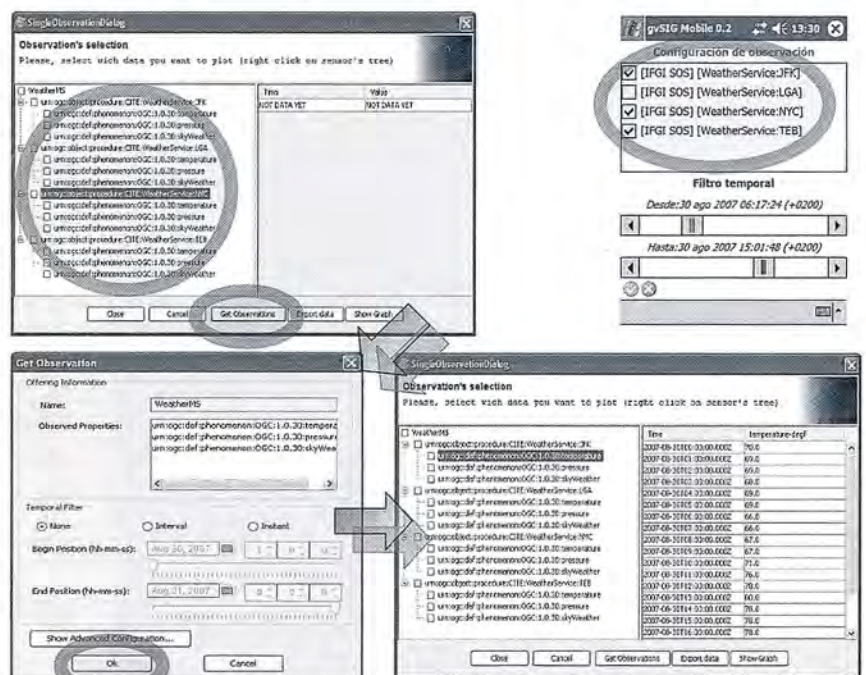


Figura 5: Proceso de obtención de datos de observaciones Mobile y Desktop

se dispone de observaciones, por lo que en la tabla aparecerá la etiqueta "NOT DATA YET".

Para obtener las observaciones, hay que seleccionar sobre qué sensores se quiere obtener las medidas. A continuación, si se pulsa el botón GetObservations se obtiene una nueva ventana en la cual se configura la petición de observaciones que se desea realizar al servidor de sensores. El proceso lo podemos ver en la Figura 5.

Los parámetros que se pueden configurar en la petición son los siguientes:

* Name: Nombre del offering, o conjunto de servidores virtuales. Por defecto aparece el nombre del conjunto de sensores especificado en la conexión SOS. No se debe de cambiar este valor a no ser que esté seguro.

* Observed properties: En esta lista se puede seleccionar las propiedades que se desea consultar. Para seleccionar varias propiedades se debe de mantener apretada la tecla CTRL mientras hace clic sobre cada una de ellas.

* Temporal Filter: En este marco se puede establecer un filtro temporal para realizar la petición. Lo más habitual será seleccionar la opción Interval e indicar el instante inicial y final. Los valores mínimo y máximo de tiempo vienen determinados por la respuesta del servidor SOS cuando se realizó la conexión.

En la ventana de Desktop si se marca la opción None, el servidor devolverá todas las peticiones o la última observación según la configuración del servidor. Sin embargo, si se marca la opción Instant, es necesario especificar un instante de tiempo. Este instante deberá coincidir exactamente con los instantes disponibles en el servidor, pues éstos no suelen devolver instantes cercanos en el tiempo.

Al pulsar sobre Show advanced configuration en Desktop nos aparecerán algunas opciones extra como:

* Procedures. Por defecto aparece seleccionado el sensor (o procedure) seleccionado en la ventana anterior. En esta lista puede cambiar el sensor, o incluso añadir otros sensores a la petición. Es posible seleccionar varios.

* Spatial Filter. Es posible filtrar por un bounding box, para obtener sólo observaciones incluidas en el rectángulo que enmarca este. Tener en cuenta que la localización de las observaciones puede ser diferente a la localización de los sensores, tal como indican las especificaciones de Ob-

servation & Measurements.

Para ver las observaciones en forma de tabla se debe de hacer clic en la propiedad observable que desea consultar en el árbol de la izquierda. En el panel de la derecha se le mostrarán las observaciones para el rango de tiempo especificado anteriormente.

Una vez obtenidas las observaciones, se puede:

* Consultar tabla alfanumérica. Como se ha descrito en el apartado de consultar observaciones de sensores, esta vez aparecerá la última observación de las propiedades de las cuales se ha obtenidos datos.

* Solicitar más observaciones. Volver a realizar el proceso recién descrito.

* Export data. En el caso de Desktop la tabla de observaciones visible en cualquier momento en el panel de la derecha puede ser exportada a un fichero CSV, para que pueda utilizar los datos en otros programas, como hojas de cálculo, bases de datos, estadísticas, ... solo es necesario seleccionar la propiedad del sensor que se quiere exportar y pulsando el botón Export data.

* Show Graph. En el caso de Desktop descrita como una nueva funcionalidad a continuación.

Generar gráficas (solo gvSIG Desktop)

Para generar gráficas, es preciso que previamente se hayan solicitado observaciones, Para la generación de una gráfica, seleccione en primer lugar las propiedades de los sensores que desea representar. Se marcan las casillas del árbol situadas a la izquierda de cada propiedad de cada sensor para seleccionar las propiedades que saldrán en las gráficas. Mediante el botón "Show Graph" se obtiene una gráfica similar a la de la Figura 6.

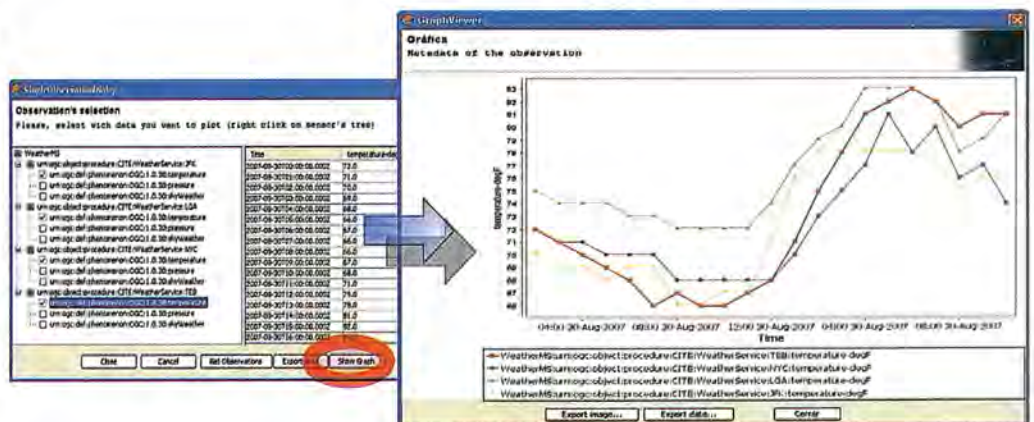


Figura 6: Obtención de Gráficas

Sobre una gráfica se pueden realizar las siguientes acciones:

* Exportar la imagen. Mediante el botón "Export image...", se puede generar un archivo gráfico con la ima-

gen de la gráfica en formato PNG.

* Exportar los datos. Mediante el botón “Export data”, se puede generar un archivo con los datos alfanuméricos utilizados para la generación de la gráfica en formato CSV. Este archivo podrá ser posteriormente utilizado en cualquier aplicación ofimática habitual (hoja de cálculo, base de datos, etc.)

A parte las gráficas tienen posibilidad de ser personalizadas, incluidas las propiedades avanzadas del gráfico (fuente, color, título, variables por eje, etiquetar o no, tipo de línea etc...)

Las opciones que se pueden realizar sobre el gráfico son:

* Guardar. Mediante “Properties...”, se puede guardar la gráfica en formato de imagen a un fichero PNG.

* Imprimir. Mediante “Print...”, se puede imprimir directamente la gráfica, pudiendo seleccionar la impresora, así como la orientación del papel.

* Acercarse y Alejarse. Se puede ampliar o reducir la zona de datos de la gráfica, pudiendo elegir si desea ampliar (Zoom In) / Reducir (Zoom out) sobre:

* Ambos ejes (Both axis).

* Eje del dominio (eje de abscisas –horizontal-). (Domain axis)

* Eje de rangos (eje de ordenadas –vertical-). (Range axis)

* Auto rango. Se puede ampliar o reducir la zona de datos de la gráfica automáticamente para optimizar el espacio disponible con todos los datos disponibles, pudiendo elegir si desea ampliar/reducir sobre los mismos ejes que en el caso de acercarse/alejarse.

Representación de temáticos

Es posible realizar todos los tipos de mapas temáticos habituales con cualquier capa vectorial. Por ejemplo para realizar un mapa temático por rango de valores (Mobile lo incluye), etiquetar los sensores con las últimas observaciones. Se ha creado un tipo de simbología especial, llamada “Sos_chart” (Solo gvSIG Desktop). Esta simbología, accesible desde la ventana habitual de configuración de la simbología de gvSIG, permite definir como símbolo de cada sensor una gráfica, de manera que de un vistazo puedan visualizarse las evoluciones de las observaciones de varios sensores en la vista. En la Figura 7 observamos ejemplos.

Conclusiones

El nuevo piloto de sensores para gvSIG representa una novedad con mucha proyección debido al amplio abanico de funcionalidades que puede llegar a abarcar este estándar

como son:

- * Envío de alertas a partir de valores umbrales.
- * Control remoto de sensores.
- * Consulta de observaciones filtrada por tiempo.
- * Programar observaciones periódicas.

Sitúa a gvSIG a la vanguardia de los clientes de servicios estándares de publicación de OGC, a la vez que promociona la implantación de este nuevo estándar libre para la publicación de datos de sensores y su manipulación.

gvSIG Sensores aportará más funcionalidad para poder visualizar datos de diversa índole de un solo vistazo añadiendo simbología de gráficas en la vista y control temporal de los datos de la capa, pudiendo ver la evolución de las observaciones y features en el tiempo.

Agradecimientos

Gabriel Roldán Carrión Director del proyecto gvSIG en Consellería de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat Valenciana.

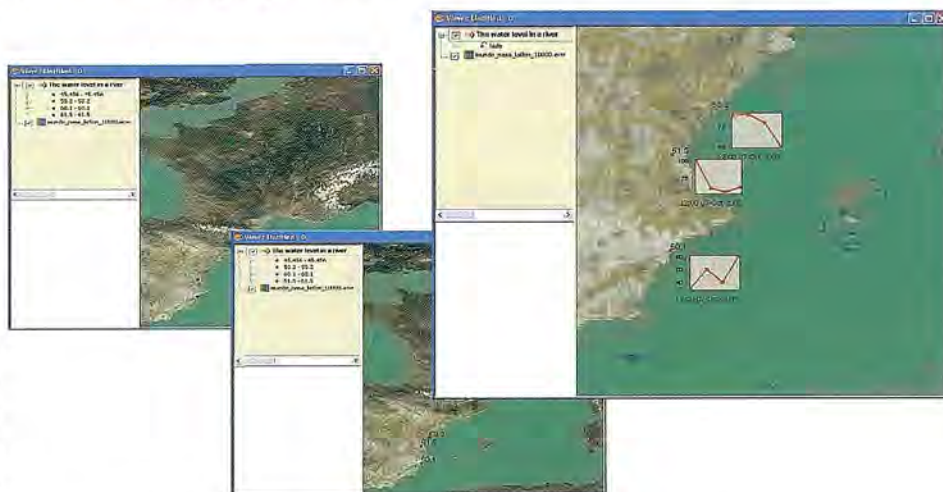
Alain Tamayo Fong Ingeniero Informático en el Departamento de Sistemas Informáticos de la Universidad Jaume I de Castellón (UJI).

Francisco José Peñarrubia Arquitecto Software Software Colaborativo.

Miguel Montesinos Lajara Director Técnico en la empresa Prodevelop S.L.

Juan Lucas Dominguez Rubio Desarrollador Senior en Prodevelop S.L.

Alberto Romeu Desarrollador Senior en Prodevelop S.L.



Javier Carrasco Jefe proyecto gvSIG Mobile en la empresa Prodevelop S.L.

Carlos Sánchez Perifán Desarrollador Senior en Prodevelop S.L.

Referencias

OGC Documentación <http://www.opengeospatial.org/standards/requests/32gvSIG> <http://www.gvsig.gva.es/> y documentación técnica Asociación gvSIG <http://www.gvsig.com/>

La cooperación SIRGAS: su aporte a las Geociencias y a la geoinformación en América Latina y El Caribe

Laura Sánchez, Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI), Munich, Alemania

Claudio Brunini, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), La Plata, Argentina

Hermann Drewes, Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI), Munich, Alemania

Resumen

El uso generalizado de técnicas modernas apoyadas en satélites para la determinación de coordenadas sobre la superficie terrestre demanda la utilización de sistemas de referencia igualmente modernos que permitan la relación directa entre la posición de los satélites y las coordenadas de los puntos terrestres. En el caso específico del posicionamiento o navegación con técnicas GNSS (Global Navigation Satellite Systems), las coordenadas o trayectorias determinadas sobre la superficie terrestre están asociadas al mismo sistema de referencia en el que se expresan las efemérides de los satélites GNSS (GPS, GLONASS y próximamente GALILEO).

Actualmente, dicho sistema es el Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS: International Terrestrial Reference System, IERS 2004), el cual es materializado por una red de estaciones geodésicas sobre la superficie terrestre con posiciones y velocidades (cambio de las posiciones a través del tiempo) altamente precisas. Esta red se conoce como Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF: International Terrestrial Reference Frame).

Desde 1988 se calculan regularmente soluciones del ITRF; en cada nueva solución se incluye un mayor número de observaciones, las cuales a su vez presentan mayores precisiones, haciendo que las posiciones y velocidades de las estaciones de referencia sean más precisas, ver por ejemplo ITRF2000 (Altamimi et al. 2002), ITRF2005 (Altamimi et al. 2007). La densificación del ITRF en América Latina y El Caribe es el marco de referencia regional SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas), el cual a su vez es extendido o densificado en los países de la región mediante las redes nacionales de referencia asociadas a SIRGAS (Sánchez and Brunini 2009).

El uso adecuado de técnicas GNSS en Latinoamérica y en El Caribe requiere de la utilización simultánea de SIRGAS como marco de referencia. En consecuencia, SIRGAS es la base más indicada para el desarrollo de proyectos comprometidos con la generación y utilización de información georreferenciada en la región, tanto a nivel nacional como internacional. Además de proveer las coordenadas de referencia para aplicaciones prácticas como proyectos de ingeniería, administración digital de información geográfica, infraestructuras de datos espaciales, etc.; SIRGAS es la plataforma de referencia para una va-

riedad amplia de aplicaciones científicas como observación de deformaciones de la corteza terrestre, movimientos verticales, variación del nivel del mar, estudios atmosféricos, etc.

El presente artículo describe las principales características de SIRGAS como marco de referencia regional, así como las actividades encaminadas a su mantenimiento y mejoramiento de acuerdo con los estándares internacionales.

Introducción

El objetivo principal de SIRGAS es la definición, materialización (realización) y mantenimiento o actualización del sistema de referencia geocéntrico tridimensional de las Américas, incluyendo un sistema de referencia vertical asociado al campo de gravedad terrestre. Este objetivo abarca:

1. Definición de un sistema de referencia geocéntrico tridimensional;
2. Establecimiento y mantenimiento de un marco de referencia geocéntrico (conjunto de estaciones con coordenadas geocéntricas $[X, Y, Z]$ de alta precisión y su variación a través del tiempo $[V_x, V_y, V_z]$);
3. Definición y materialización de un sistema de referencia vertical unificado con alturas físicas y geométricas consistentes y la determinación de los cambios del marco de referencia con respecto al tiempo, i.e. $[h, V_h, H, V_H, N, V_N]$.

Dentro de este contexto, SIRGAS, como sistema de referencia geocéntrico, se define idénticamente al Sistema Internacional de Referencia Terrestre ITRS (IERS 2004). Su realización es una densificación regional del Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF) a través de una red continental en América Latina y El Caribe.

Actualmente, SIRGAS tiene tres realizaciones: dos conformadas por estaciones pasivas o monumentos (redes SIRGAS95 y SIRGAS2000, Figura 1) y una a través de estaciones GNSS de operación continua (red SIRGAS-CON).

La primera realización SIRGAS95 es una red de 58 estaciones GPS distribuidas en América del Sur, cuyas posi-

ciones finales se refieren al ITRF94, época 1995.4 (SIRGAS 1997). Esta red fue reobservada y extendida a América Central y del Norte en mayo de 2000. Esta segunda realización (SIRGAS2000) incluye 184 estaciones GPS y sus posiciones están dadas en el ITRF2000, época 2000.4 (Drewes et al. 2005). La precisión de las coordenadas SIRGAS95 y SIRGAS2000 se estima entre ± 3 y ± 6 mm.

La tercera realización de SIRGAS es la red SIRGAS de Operación Continua (SIRGAS-CON, Figura 2).

Esta está compuesta por más de 200 estaciones GNSS (GPS y GLONASS) de funcionamiento permanente, que son procesadas semanalmente para mantener sus coordenadas actualizadas y observar sus variaciones generadas por efectos tectónicos, atmosféricos, hidrográficos, etc. La operabilidad de SIRGAS-CON se fundamenta en la contribución voluntaria de más de 50 entidades latinoamericanas, que, de una parte, han instalado las estaciones y se ocupan de su operación adecuada para poner a disposición de los Centros de Análisis SIRGAS las observaciones en formato RINEX y, de otra, han asumido el reto de instalar y mantener Centros de Procesamiento SIRGAS que hacen posible el cálculo semanal de la red.

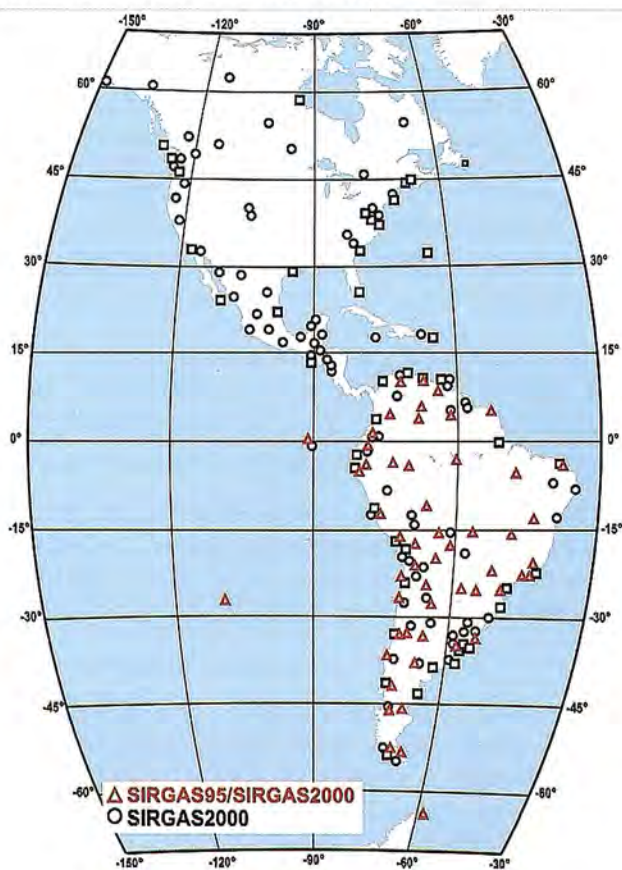


Fig. 1. Realizaciones SIRGAS95 y SIRGAS2000

Dado que los países latinoamericanos están mejorando sus marcos geodésicos de referencia mediante la instalación de un número mayor de estaciones GNSS de operación continua y, teniendo presente que dichas estaciones deben ser integradas consistentemente en el marco de referencia continental, la red SIRGAS-CON comprende dos niveles de clasificación (Brunini et al. 2010):

1. Una red de cobertura continental (SIRGAS-CON-C), densificación directa del ITRF en Latinoamérica y El Caribe, con estaciones estables, de funcionamiento óptimo, que garantizan consistencia, perdurabilidad y precisión del marco de referencia a través del tiempo.

2. Redes de densificación (SIRGAS-CON-D) que mejoran la distribución geográfica de las estaciones de referencia y permiten la utilización efectiva de SIRGAS como marco de referencia a nivel nacional y local. Actualmente existen tres redes de densificación (Figura 2): una norte (México, América Central, El Caribe, Colombia, Venezuela), una central (Bolivia, Brasil, Ecuador, Perú, Guyana, Guyana Francesa, Surinam) y una sur (Uruguay, Paraguay, Chile, Argentina, Antártica). El objetivo a mediano plazo es que existan tantas redes de densificación como países miembros de SIRGAS, pues dichas redes equivalen a los marcos nacionales de referencia.

Análisis semanal del marco de referencia Sirgas-Con

Las estaciones SIRGAS-CON son procesadas semana a semana. La red continental SIRGAS-CON-C es calculada

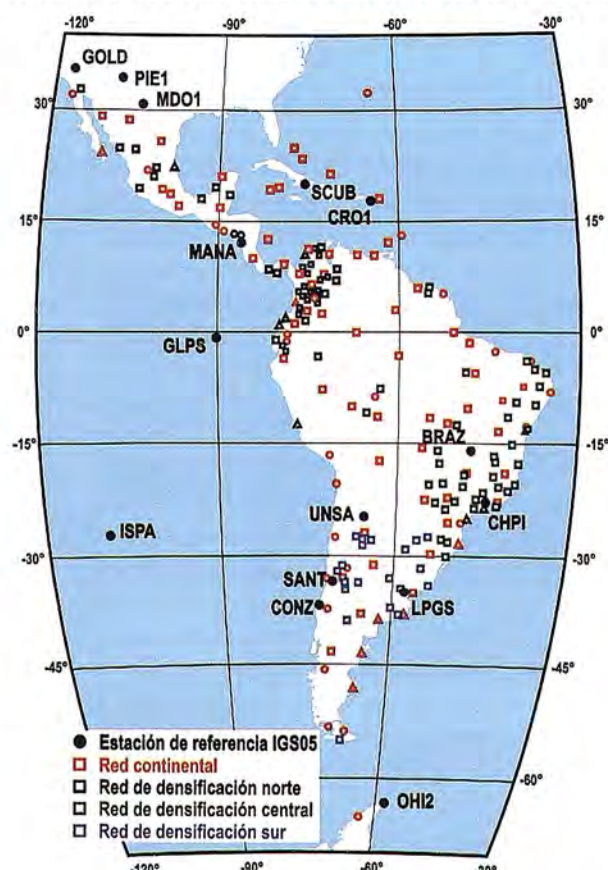


Fig. 2. Red SIRGAS de operación continua SIRGAS-CON (febrero 2010)

por el DGFI (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania) en su calidad de centro de análisis IGS-RNAAC-SIR (IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS, Seemüller and Drewes 2008).

Las redes de densificación SIRGAS-CON-D son calculadas por los Centros Locales de Procesamiento SIRGAS

(Tabla 1). La distribución de las estaciones entre estos Centros garantiza que cada una de ellas esté incluida en tres soluciones individuales, de modo que se disponga de la redundancia necesaria para controlar la calidad de los resultados.

Id	Institución / País	Red a cargo	Número de estaciones
Centros de Procesamiento			
CIMA	Centro de Procesamiento Ingeniería-Mendoza-Argentina, Universidad Nacional del Cuyo, Argentina	Red sur y selección de estaciones de la red central	100
DGFI	Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania	Red continental	110
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil	Red central y selección de estaciones de la red sur	131
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia	Red norte	104
IGM-Ec	Instituto Geográfico Militar, Ecuador	Selección de estaciones de la red norte y de la red central	68
LGFS-LUZ	Laboratorio de Geodesia Física y Satelital, Universidad del Zulia, Venezuela	Red norte	104
SGM-Uy	Servicio Geográfico Militar, Uruguay	Selección de estaciones de la red sur y de la red central	66
Centros de Combinación			
DGFI	Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Alemania		223
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil		223

Tabla 1. Centros de Análisis SIRGAS: 7 Centros de Procesamiento, 2 Centros de Combinación

Los siete Centros de Procesamiento aplican los mismos estándares para el cálculo de soluciones semanales de las estaciones a ellos asignadas. Entre dichos estándares se introducen como parámetros conocidos las efemérides precisas y los parámetros de orientación terrestre de las soluciones semanales del IGS (Dow et al. 2005).

Igualmente, las coordenadas de todas las estaciones procesadas reciben una desviación estándar a priori de ± 1 m, de modo que las soluciones semanales sean semilibres (loosely constrained) (ver p. ej. Natali et al. 2009, Seemüller and Sánchez 2009). Posteriormente, las soluciones individuales son integradas en una solución única para asegurar la compatibilidad a nivel continental de las coordenadas y velocidades de todas las estaciones SIRGAS-CON (SIRGAS-CON-C + SIRGAS-CON-D). Dicha integración es realizada por los Centros de Combinación SIRGAS DGFI e IBGE. Los productos finales son puestos a disposición de los usuarios por el IGS RNAAC- SIR (Sánchez et al. 2009).

Las soluciones combinadas generadas por el IBGE sirven de control de calidad y de respaldo (Costa et al. 2009). La Figura 3 presenta el diagrama de flujo de los datos y productos considerados en el análisis semanal de la red SIRGAS-CON.

Los productos finales de SIRGAS-CON están disponibles en www.sirgas.org son:

1. Coordenadas semanales semilibres (loosely constrained) utilizados para cálculos posteriores de la red, por ejemplo, para el poliedro global del IGS o soluciones multianuales. Estas soluciones son flotantes, es decir, las líneas de base y la geometría de la red se conocen con alta preci-

sión, pero la red misma no ha sido referida a ninguna estación de referencia sobre la superficie terrestre y por tanto las coordenadas de sus estaciones son desconocidas.

2. Coordenadas semanales ajustadas al ITRF para aplicaciones prácticas que requieran coordenadas de referencia

en América Latina, especialmente en posicionamiento GPS diferencial. En estas soluciones se incluye como marco de referencia el mismo utilizado por el IGS para el cálculo de las efemérides satelitales GPS (i.e. IGS05, <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/network/refframe.html>). Esto garantiza que tanto satélites como estaciones terrestres estén asociadas al mismo sistema de referencia, asegurando la calidad de las posiciones finales de los puntos geodésicos (Sánchez et al. 2009).

3. Soluciones multianuales (coordenadas + velocidades) para aplicaciones prácticas y científicas que requieran de la variación de las coordenadas de referencia a través del tiempo. Estas soluciones se generan anualmente con el propósito de determinar la cinemática de la red y resultan de la combinación de todas las soluciones semanales semilibres disponibles.

Su cálculo incluye la identificación de discontinuidades en la posición de las estaciones, ya sea por eventos esporádicos como desplazamientos sísmicos, o cambios en la configuración de los equipos GNSS. (Ver figura 3)

Las coordenadas (asociadas a una época de referencia) y las velocidades de las estaciones son estimadas introduciendo como marco de referencia las estaciones IGS05 disponibles en la región SIRGAS (Figura 2). Para aquellas estaciones con períodos de observación menores que dos años se calculan solamente coordenadas, pues las velocidades obtenidas con períodos de observación más cortos no son confiables. La solución multianual más reciente (SIR09P01) cubre el período entre el 2 de enero del 2000 y el 3 de enero del 2009 e incluye 128 estaciones, cuyas coordenadas se refieren al marco IGS05, época 2005.0 (Figura 4). Su precisión en la época de referencia se estima

en $\pm 0,5$ mm para las componentes horizontales y $\pm 0,9$ mm para la altura, así como $\pm 0,8$ mm/año para las velocidades (Seemüller et al. 2009).



Fig. 3. Esquema de procesamiento de la red SIRGAS-CON (red continental + redes de densificación)

Densificaciones nacionales de Sirgas

Inmediatamente después de la campaña SIRGAS95, los países de América del Sur se concentraron en la modernización de los datum geodésicos locales mediante la densificación nacional de SIRGAS y la determinación de los parámetros de transformación necesarios para migrar al nuevo sistema SIRGAS la información geográfica asociada a los datum antiguos. Inicialmente, estas densificaciones fueron realizadas a través de redes pasivas (confirmadas sólo por monumentos); en la actualidad, la mayoría de los países están instalando estaciones de funcionamiento continuo.

Estas densificaciones, además de conformar los marcos de referencia nacionales, son la base para el desarrollo de aplicaciones rutinarias basadas en navegación y posicionamiento apoyados en satélites.

La estrategia general utilizada para integrar los datum geodésicos locales en SIRGAS se basa en:

1. Establecimiento de una red nacional GNSS de primer orden (con estaciones pasivas o de funcionamiento continuo)

2. Determinación de los parámetros de transformación entre los sistemas locales y SIRGAS,

3. Adopción de SIRGAS como marco de referencia oficial en cada país (ver p. ej. Figueroa et al. 2010, Martínez and Sánchez 2009, Costa and Lima 2005, Schöldbauer und Muñoz 1999, Moirano et al. 1998, Drewes et al. 1998).

SIRGAS ha sido oficialmente adoptado como sistema de referencia en casi todos los países de América del Sur (Tabla 2), de allí las actividades presentes se centran en el mantenimiento confiable de las densificaciones nacionales. Dichas actividades incluyen el mejoramiento operacional de las estaciones permanentes existentes, la instalación de nuevos receptores GNSS de funcionamiento continuo y el procesamiento autónomo de las observaciones.

La relación entre las diferentes realizaciones de SIRGAS (o sus densificaciones) está dada por los parámetros de transformación entre los ITRF correspondientes y la reducción de las coordenadas a una misma época de referencia (Figura 5). Dicha reducción puede aplicarse de dos maneras:

1. las estaciones de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) con más de dos años de observación, utilizan las velocidades calculadas en la solución multianual más reciente del IGS-RNAAC-SIR,

País	Densificación ITRF/SIRGAS		Marco Nacional de Referencia
	Nombre	Estaciones pasivas/ continuas	
Argentina	POSGAR07: Posiciones Geodésicas Argentinas 2007 RAMSAC: Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo	178 / 32	ITRF2005, época 2006.6
Bolivia	MARGEN: Marco Geodésico Nacional	125 / 1	SIRGAS95, época 1995.4
Brasil	SIRGAS2000 RBMC (Red Brasileira de Monitoramento Continuo)	1903 / 71	SIRGAS2000, época 2000.4
Chile	SIRGAS-CHILE Red de estaciones activas fijas	269 / 9	SIRGAS2000, época 2002.0
Colombia	MAGNA-SIRGAS: Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-ECO (MAGNA Estaciones Continuas)	70 / 35	SIRGAS95, época 1995.4
Costa Rica	CR05: Sistema de Referencia Costa Rica 2005	34 / 1	ITRF2000, época 2005.8
Ecuador	Red básica GPS REGME (Red GNSS de Monitoreo Continuo de Ecuador)	135 / 8	SIRGAS95, época 1995.4
El Salvador	SIRGAS_ES2007: Red Geodésica Básica Nacional de El Salvador, IGS05, época 2007.8	34 / 1	Datum Norteamericano, 1997
French Guyana	RGFG: Réseau Géodésique Français de Guyane	7 / 1	ITRF93, época 1995.0
México	RGNA: Red Geodésica Nacional Activa	0 / 20	ITRF92, época 1988.0
Panamá	Sistema Geodésico Nacional MACARIO SOLIS	20 / 3	ITRF2000, época 2000.0
Perú	PERU96: Sistema Geodésico Nacional	47 / 3	SIRGAS95, época 1995.4
Uruguay	SIRGAS-ROU98 Red de estaciones permanentes de referencia	17 / 3	SIRGAS95, época 1995.4
Venezuela	SIRGAS-REGVEN: Red Geocéntrica Venezolana REMOS (Red de estaciones de monitoreo satelital GPS)	156 / 5	SIRGAS95, época 1995.4

Tabla 2. Marcos de referencia nacionales en los países SIRGAS

2. para aquellas estaciones, cuyas velocidades no están incluidas en dichas soluciones, se utiliza el Modelo de Velocidades SIRGAS (VEMOS: Velocity Model for SIRGAS). Las diferentes realizaciones de SIRGAS, reducidas a la misma época de referencia, son compatibles en el nivel del milímetro.

El Modelo de Velocidades SIRGAS (VEMOS) (Figura 6) ha sido calculado a partir de las coordenadas SIR-

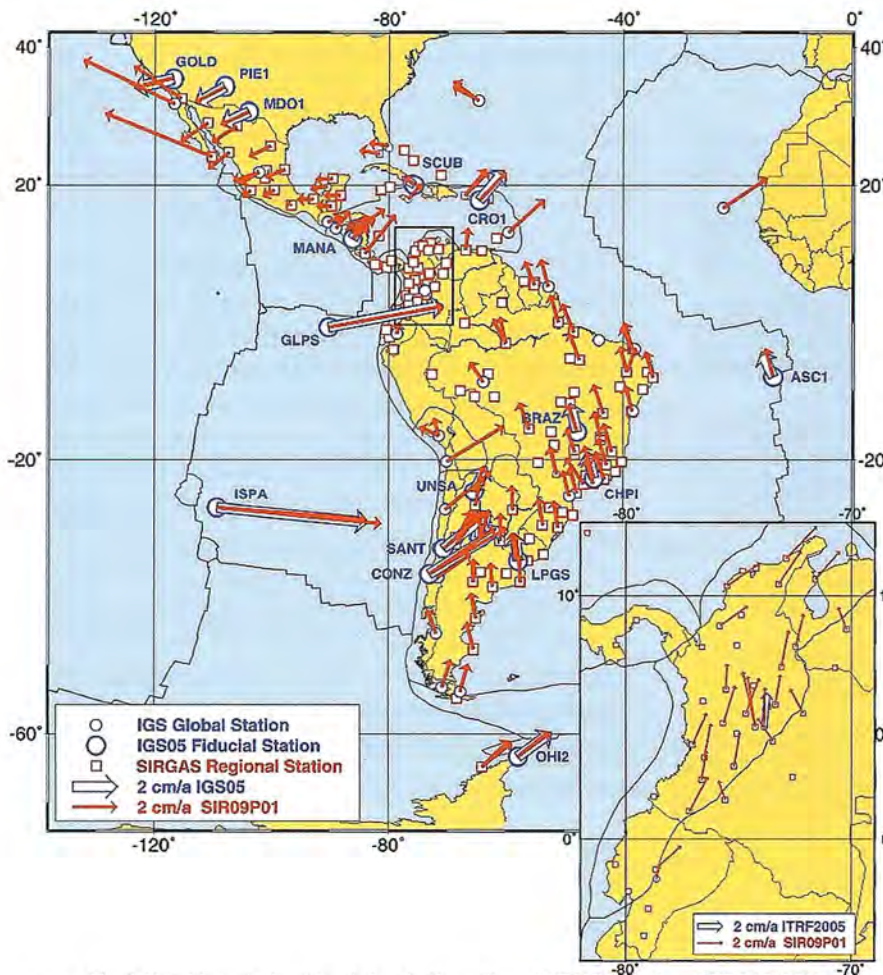


Fig. 4. Velocidades horizontales de la solución multianual SIR09P01 por la red SIRGAS-CON(Seemüller et al. 2009).

GAS95 y SIRGAS2000, de las velocidades estimadas en las soluciones multianuales del IGS-RNAAC-SIR y de diferentes proyectos geodinámicos desarrollados en la región (Drewes and Heibach 2010). Dado que la precisión de las coordenadas reducidas en el tiempo depende directamente de la confiabilidad de este modelo, su cualificación permanente también es un objetivo central de SIRGAS (Sánchez and Brunini 2009).

todos los países de las Américas.

Los asuntos administrativos de SIRGAS son coordinados por el Consejo Directivo, el cual depende del Comité Ejecutivo, cuerpo principal de la organización (Figura 7). Las políticas y recomendaciones oficiales de SIRGAS son aprobadas y emitidas por el Comité Ejecutivo, el cual, al estar compuesto por un representante de cada país miembro y uno por cada entidad patrocinadora,

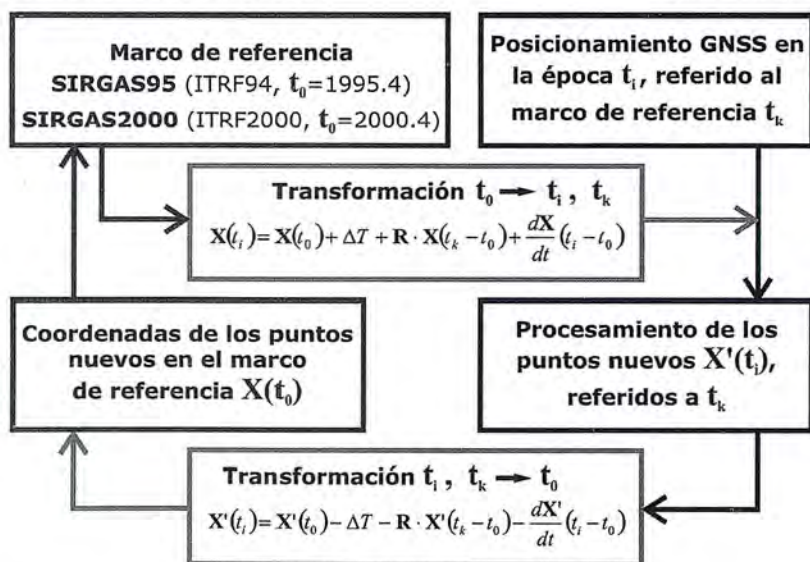


Fig. 5. Procesamiento de datos GNSS incluyendo velocidades de las estaciones y parámetros de transformación entre diferentes marcos de referencia

Aspectos administrativos de Sirgas y actividades en desarrollo

SIRGAS inició en la Conferencia Internacional para la Definición de un Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur celebrada en Asunción, Paraguay, en 1993. Esta Conferencia fue convocada y patrocinada por la Asociación Internacional de Geodesia (IAG: International Association of Geodesy), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la US National Imagery and Mapping Agency (NIMA), actualmente, National Geospatial-Intelligence Agency (NGA). El nombre inicial de SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur) fue cambiado en febrero de 2001 a Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas, dada la extensión del marco de referencia (SIRGAS2000) y la recomendación de la Organización de las Naciones Unidas en su Séptima Conferencia Cartográfica de Las Américas (Nueva York, enero 22 al 26 de 2001) sobre la adopción de SIRGAS como sistema de referencia oficial en

también se encarga de transmitir las recomendaciones SIRGAS a las entidades nacionales responsables de los sistemas locales de referencia. Las actividades científicas y técnicas son coordinadas por los Grupos de Trabajo en colaboración con el Consejo Científico y los representantes de la IAG y del IPGH. SIRGAS también es un miembro de la Subcomisión 1.3 (Regional Reference Frames) de la Comisión 1 de la IAG (Reference Frames) y es un Grupo de Trabajo de la Comisión de Cartografía del IPGH.

El Grupo de Trabajo I de SIRGAS (SIRGAS-GTI: Sistema de Referencia) fue creado en 1993, simultáneamente con el proyecto SIRGAS. Su responsabilidad inicial fue la coordinación de las actividades

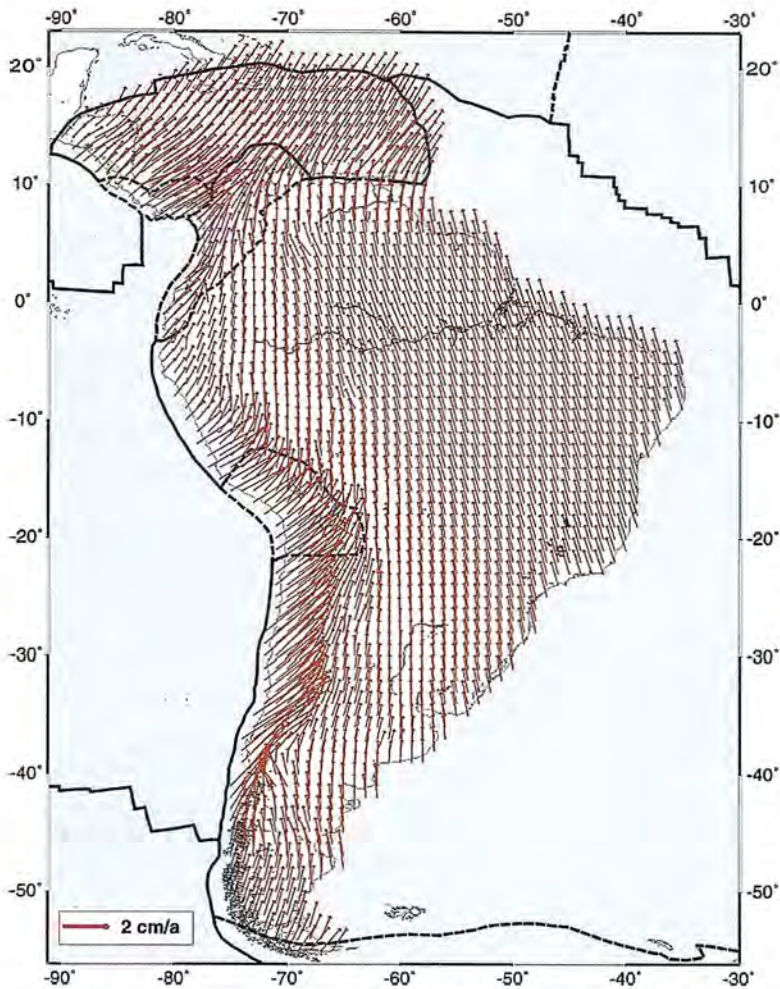


Fig. 6. VEMOS: Modelo de velocidades SIRGAS (Drewes and Heidbach 2010).

El Grupo de Trabajo II de SIRGAS (SIRGAS-GTII: Datum Geocéntrico) fue creado en 1993 con el propósito de establecer un datum geocéntrico para América del Sur. Además de la definición del datum, el GTII adelantó un diagnóstico sobre el estado de los sistemas de referencia locales existentes en América del Sur, con el objetivo de diseñar una estrategia de integración (o modernización) en el nuevo sistema SIRGAS. Después de un censo detallado sobre los intereses particulares de cada país, se concluyó que cada uno de ellos debía adelantar individualmente dicha integración, pero siguiendo las recomendaciones formuladas por este grupo de trabajo.

Desde febrero de 2001, cuando SIRGAS fue extendido a todo el continente, el SIRGAS-GTII se ocupa igualmente de los países centro americanos y del Caribe.

Si bien SIRGAS ha sido adoptado en la mayoría de los países de América del Sur, un escenario completamente diferente existe en América Central y el Caribe:

1. la mayoría de los países aún utilizan los datums geodésicos clásicos,
2. a pesar de que existen varias estaciones de funcionamiento continuo, algunas instaladas por el IGS y otras por organismos nacionales o internacionales, no todas ellas están integradas en el procesamiento semanal de SIRGAS-

necesarias para realizar y mantener un marco de referencia en América del Sur. Posteriormente, esta responsabilidad se extendió a todos los países de América y del Caribe. La realización de este objetivo implica:

1. la medición de una red geodésica de alta precisión (nivel milimétrico) de cubrimiento continental, y
2. la observación continua del cambio de las coordenadas por efectos de deformaciones corticales, movimientos verticales, terremotos, etc. Estos compromisos han sido satisfechos con las realizaciones SIRGAS95, SIRGAS2000 y la red de operación continua SIRGAS-CON.

Más allá de coordinar las actividades de los Centros Operadores de las estaciones SIRGAS-CON, de los Centros Nacionales de Datos y de los Centros de Procesamiento y de Combinación de SIRGAS, el GTI continúa con el propósito de promover el establecimiento de más Centros de Procesamiento en América Latina, de modo que en un futuro mediano, cada país de la región esté en capacidad de procesar sus propias estaciones de operación continua siguiendo los estándares del IGS (Brunini et al. 2010).

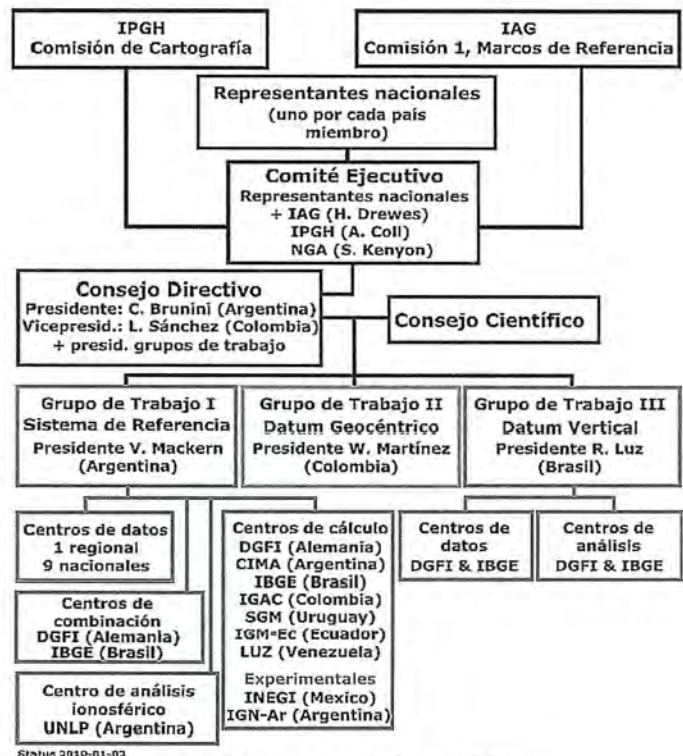


Fig. 7. Estructura organizativa de SIRGAS

CON, ya que los datos no están disponibles, y iii) las entidades nacionales responsables de los marcos de referencia nacionales no conocen en detalle el sistema SIRGAS. Por tal razón, el objetivo actual de SIRGAS-GTII es la promoción y soporte técnico a los países de la región para la adopción oficial de SIRGAS.

El Grupo de Trabajo III de SIRGAS (SIRGAS-GTIII: Datum vertical) fue establecido durante la Asamblea General de la IAG llevada a cabo en Río de Janeiro en 1997 (Drewes et al. 2002). Sus principales objetivos son definir un sistema de referencia vertical unificado para SIRGAS, establecer el marco de referencia correspondiente y transformar los sistemas clásicos de alturas existentes al sistema moderno. Actualmente, los esfuerzos se concentran en el ajuste continental de todas las redes de nivelación existentes en el continente. Para conocer más en detalle la formulación de SIRGAS en cuanto a su sistema vertical de referencia ver Sánchez (2007), (2008), (2009).

Referencias

Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C.: *ITRF2000: A new release of the International Terrestrial Reference Frame for earth science applications*, *Journal of Geophysical Research*, 107, B10, Pag. 2214ff, 2002. doi:10.1029/2001JB000561.

Altamimi, Z., Collilieux, X., Legrand, J., Garayt, B., Boucher, C.: *ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters*, *Journal of Geophysical Research*, 112, B09401, 2007. doi:10.1029/2007JB004949.

Brunini, C., Sánchez, L., Drewes, H., Costa, S., Mackern, V., Martínez, W., Seemüller, W., da Silva, A.: *Improved analysis strategy and accessibility of the SIRGAS Reference Frame*. Submitted to: Pacino, C. et al. (eds.): *Geodesy for Planet Earth, IAG Symposia, Springer, 2010*.

Costa, S., Lima, M.: *Ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira em SIRGAS2000. IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas*, Curitiba, PR. IBGE, Brasil, 2005.

Costa, S.M.A., A.L. da Silva, J.A. Vaz: *Report of IBGE Combination Centre. Period of SIRGAS-CON solutions: from week 1495 to 1531*. Presented at the SIRGAS 2009 General Meeting. Buenos Aires, Argentina, 2009. September. Disponible en www.sirgas.org.

Dow, J. M., Neilan, R., Gendt, G.: *The International GPS Service (IGS), Celebrating the 10th Anniversary and Looking to the Next Decade*, *Adv. Space Res.*, 36(3), 320-326, 2005.

Drewes, H., Tremel, H., Hernandez, J.N.: *Adjustment of the new Venezuelan national GPS network within the SIRGAS reference frame*. In: Brunner, F. K. (ed.): *Advances in Positioning and Reference Frames, IAG Symposia, Vol. 118:193-198, Springer, 1998*.

Drewes, H.; L. Sanchez; D. Blitzkow; S. Freitas: *Scientific foundations of the SIRGAS vertical reference system*.

In: Drewes et al (eds.): *Vertical Reference Systems, IAG Symposia, Vol. 124: 297-301, Springer, 2002*.

Drewes, H., Kaniuth, K., Völksen, C., Costa, S., Fortes, L.P.: *Results of the SIRGAS campaign 2000 and coordinates variations with respect to the 1995 South American geocentric reference frame*. In: Sanso, F. (ed.): *A Window on the Future of Geodesy, IAG Symposia, Vol. 128: 32-37, Springer, 2005*.

Drewes, H., Heidbach, O.: *The 2009 horizontal velocity model for South America and the Caribbean*. Submitted to: Pacino, C. et al. (eds.): *Geodesy for Planet Earth, IAG Symposia, Springer, 2010*.

Figuerola, C., Amaya, W., Sánchez, L.: *Integración de la Red Geodésica Básica Nacional de El Salvador a SIRGAS (SIRGAS-ES2007)*. *Revista Cartográfica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), No. 86, 2010. (en prensa) IERS: IERS Conventions (2003). IERS Technical Note 32, McCarthy, D., Petit, G. (eds.), Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt a.M., 2004*.

Martínez, W., Sánchez, L.: *Realization of the SIRGAS Reference Frame in Colombia*. In: Drewes, H. (ed.): *Geodetic Reference Frames, IAG Symposia, Vol. 134: 185-190, Springer, 2009*.

Moirano, J., Brunini, C., Drewes, H., Kaniuth, K.: *Realization of a geodetic reference system in Argentina in connection with SIRGAS*. In: Brunner F. K. (ed.): *Advances in Positioning and Reference Frames, IAG Symposia, Vol. 118: 199-204, Springer, 1998*.

Natali, P., Müller, M., Fernández, L., Brunini, C.: *CPLat: the Pilot Processing Center for SIRGAS in Argentina*. In: Drewes, H. (ed.): *Geodetic Reference Frames, IAG Symposia, Vol. 134: 179-184, Springer, 2009*.

Sánchez, L.: *Definition and realization of the SIRGAS vertical reference system within a globally unified height system*. In: Tregoning P., Rizos Ch. (eds): *Dynamic Planet, IAG Symposia; Vol. 130: 638-645, Springer, 2007*.

Sánchez, L.: *Approach for the establishment of a global vertical reference level*. In: Xu, P., Liu, J., Dermanis, A. (eds.), *VI Hotine-Marussi Symposium on Theoretical and Computational Geodesy. IAG Symposia, Vol. 132: 119-125, Springer, 2008*.

Sánchez, L.: *Strategy to establish a global vertical reference system*. In: Drewes, H. (ed.), *Geodetic Reference Frames. IAG Symposia, Vol. 134: 273-278, Springer, 2009*.

Sánchez, L., Brunini, C.: *Achievements and Challenges of SIRGAS*. In: Drewes, H. (ed.): *Geodetic Reference Frames, IAG Symposia, Vol. 134: 161-166, Springer, 2009*.

Sánchez, L., W. Seemüller, M. Seitz (2009). *Report of the SIRGAS Combination Centre at DGFI*. Presented at the SIRGAS 2009 General Meeting. Buenos Aires, Argentina. September. Disponible en www.sirgas.org

Schödlbauer, A., Muñoz, J.: *Geodätisches Referenzsystem PERU'96, Abschlußbericht zu dem von der Volkswagenstiftung geförderten Projekt I/70939, Universität der Bundeswehr, München, 1999*. Seemüller, W., Drewes, H.: *Annual Report 2003-2004 of IGS RNAAC SIR*. In: IGS Central Bureau (eds), IGS

2001-2002 Technical Reports, JPL Publication 04-017, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, 2008. Seemüller, W., Sánchez, L.: *SIRGAS Processing Centre at DGFI: report for the SIRGAS 2009 General Meeting*.

Presented at the SIRGAS 2009 General Meeting, Buenos Aires, Argentina, 2009. Disponible en www.sirgas.org

Seemüller, W., Seitz, M., Sánchez, L., Drewes, H.: *The position and velocity solution SIR09P01 of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIR)*. DGFI Report No. 85, Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, München, 2009. Disponible en www.sirgas.org SIRGAS: SIRGAS Final Report. Working Groups I and II, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, 1997.

Cartografía de Calidad

Empresa certificada a la
calidad NOR ISO 9002



Avda. Hytasa, 38, Edificio Toledo, 1-4º
41006 SEVILLA
Tels.: 95 465 57 76 - 95 465 51 27 - Fax: 95 465 57 76
E-mail: invar@invarsl.com
www.invarsl.com

NEXTMap Europa: una base de datos de elevación con múltiples aplicaciones

Lino González,

Regional Sales Manager Spain & Portugal de Intermap Technologies

Los Modelos Digitales de Elevación de Intermap Technologies® están preparados para posibilitar una enorme gama de aplicaciones SIG y de ingeniería en España, desde la gestión del agua hasta la industria de parques eólicos, que ha crecido de forma fulgurante en los últimos años. Los datos hacen posible crear diversos productos y servicios geoespaciales, que usan la precisión e uniformidad del conjunto de datos, aprovechando su potencial al máximo.

NEXTMap Europa – España comprende la España Peninsular y las Islas Baleares (495.814 km²). Además, todo el conjunto de datos de NEXTMap Europa de Intermap® se extiende mucho más allá de las fronteras españolas e incluye Europa Occidental en su totalidad: en total, 2,4 millones de km². Gracias a su especificación con un paso de malla de 5 metros, el modelo de elevación digital de NEXTMap Europa incluye en total 80 billones de mediciones de elevaciones. En conjunto, las imágenes de radar ortorectificado (ORI, por sus siglas en inglés) de la región suman 1,3 millones de píxeles.

Los usos que se pueden dar a los datos NEXTMap Europa – España son tan variados como la topografía del país. Además de una amplia gama de aplicaciones SIG, los datos se utilizan en los mercados de ingeniería, automoción, electrónica de consumo, evaluación de riesgos para seguros, petróleo y gas, energías renovables, hidrología, comunicaciones inalámbricas, transporte y aviación,...

NEXTMap Europa es un conjunto de datos sin precedente en su ámbito. Ninguna empresa privada había intentado recopilar datos de elevaciones digitales para un área del tamaño de Europa Occidental con una precisión similar a la de NEXTMap. El modelo de elevación digital tiene una precisión de hasta un Error Cuadrático Medio (ECM) de 1 metro. Los ORI del conjunto de datos tienen un tamaño de 1,25 píxeles y una precisión horizontal de un ECM de 2 m.

En 1998, Intermap se dió cuenta de que se necesitaba un conjunto de datos homogéneos que cubrieran los países del mundo desarrollado. Citando al Presidente de Intermap, Brian Bullock “En 1998, tras analizar el Reino Unido, Alemania y Estados Unidos, llegamos a la conclu-

sión de que no había una buena e uniforme representación de la elevación en los países más avanzados”.

En conjunto, los modelos de superficie digital (MDS), los modelos de terreno digital (MDT) y los ORI de NEXTMap ofrecen una alternativa a los modelos que estaban disponibles previamente: una variedad de mapas recopilados por distintas agencias y organizaciones, en momentos distintos y según especificaciones distintas.

“Con NEXTMap, ahora existe un conjunto de datos preciso y uniforme, en lugar de una variedad de fuentes fragmentadas de escalas geográficas distintas”, ha declarado Brian Bullock. Uno de los puntos fuertes del conjunto de datos de NEXTMap Europa es su cobertura uniforme transfronteriza: los datos presentan una misma precisión estándar, horizontal y vertical, desde las Islas Shetland en Escocia hasta el punto más al sur, Punta de Tarifa.

La naturaleza uniforme de los datos de NEXTMap Europa respeta principios como los establecidos por la iniciativa INSPIRE en 2007, que está organizando una infraestructura para la información espacial europea que sea compatible con las políticas medioambientales comunitarias. INSPIRE, basada en infraestructuras de información espacial desarrolladas por los Estados miembros de la Unión Europea, facilitará el acceso a datos geoespaciales europeos y ayudará en los esfuerzos de elaboración de políticas a nivel transfronterizo.

Inicios en Gran Bretaña

La recopilación de datos para NEXTMap Europa comenzó en Inglaterra. Intermap recopila sus datos de elevación en bruto con una tecnología de radar interferométrico de apertura sintética (IFSAR, por sus siglas en inglés) – reconocido por su capacidad para recopilar rápidamente amplias áreas de cobertura–, instalado en aviones Learjets. NEXTMap® Gran Bretaña comenzó con unos vuelos iniciales de prueba sobre el río Támesis. El programa fue creciendo gradualmente hasta incluir la totalidad de Inglaterra, Gales y Escocia. Debido al éxito inmediato de NEXTMap Gran Bretaña, Intermap amplió los datos a NEXTMap Europa en 2006.

Intermap iba a necesitar incrementar la eficiencia en la recopilación y producción de datos para completar NEXTMap Europa. Esta eficacia se logró, mejorando enormemente la capacidad del radar para recopilar datos y, al mismo tiempo, manteniendo unos niveles estándar de rigurosa precisión y se consiguió también ampliar la longitud de las líneas de vuelo del avión –algo que exigió una gran coordinación del personal de Intermap debido a los espacios aéreos de tantos países distintos.

En la segunda mitad de 2008 se completó la recopilación de datos para NEXTMap Europa, aunque el proyecto estaba lejos de haber finalizado. Los datos en bruto habían sido enviados a las instalaciones de tratamiento y edición de Intermap casi inmediatamente desde los aviones, pero gran parte de los datos seguían en su formato en bruto. Intermap amplió significativamente su capacidad de producción para asimilar las enormes cantidades de datos, no sólo de NEXTMap Europa, sino también de NEXTMap® EE UU, que cubría la totalidad de Estados Unidos continental y Hawaii.

El tratamiento y la verificación definitivos de los datos de NEXTMap Europa se dieron por finalizados en mayo de 2009, la primera vez en la historia que un conjunto de datos de elevaciones digitales estaba disponible con cobertura de toda Europa Occidental y una precisión de hasta 1 metro en vertical.

Aplicaciones del conjunto de datos de NEXTMap

Ahora que el producto está recopilado, procesado y comercialmente disponible, los profesionales de SIG en todo el mundo siguen encontrando nuevas aplicaciones para los datos de NEXTMap. La lista de usos aumenta continuamente, desde las aplicaciones tradicionales de SIG, como la gestión de bienes y el análisis de superficies, cuencas hidrográficas y líneas de visibilidad, hasta tecnologías más recientes, como la visualización en 3D, la seguridad en automoción y la electrónica de consumo.

En toda Europa Occidental, los datos de NEXTMap han estado presentes en una gran variedad de iniciativas públicas y privadas, entre las que se incluyen las siguientes:

* servir de base para estudios de biodiversidad en los espacios abiertos públicos del Reino Unido (los datos del terreno se utilizaron para determinar los hábitats preferidos por las especies animales, en función de la orientación, la pendientes y la elevación);

* producción de un modelo de elevación digital en Turín, Italia, que se utilizó en varios proyectos relacionados con los Juegos Olímpicos de invierno de 2006;

* y la sustitución de un sistema de radio analógica obsoleto del departamento de policía estatal de Alemania, para servicios de emergencia y seguridad, con una nueva red digital, que ayuda a garantizar que el sistema mantenga un funcionamiento seguro, fiable y uniforme en todo el estado.

En una empresa de telecomunicaciones alemana, los datos de NEXTMap sirvieron para sustituir el modelo de terreno digital existente en el país, derivado de varios países, cada uno con su propio estándar de precisión vertical. Los MDT de NEXTMap se utilizaron para construir modelos de propagación de radio sin los errores de cálculo de los modelos de elevación previos de la empresa, lo que permitió un cálculo de cantidades más preciso y la colocación de células de radio. La empresa también aprovechó la uniformidad transfronteriza de los datos de NEXTMap para crear una línea de amortiguación de 30 km entre Alemania y sus países vecinos.

Trabajar con el viento

En 2009, la energía eólica superó al carbón como la tercera fuente de energía en España (por detrás del gas y la energía nuclear). El país es actualmente el cuarto productor del mundo de energía eólica. Los datos de elevación digital cuentan con muchas aplicaciones en el sector de la energía eólica en España, cada vez más importante. La precisión de los datos de NEXTMap Europa – España puede servir para reducir costes gracias a una cobertura uniforme en áreas en las que sólo están disponibles datos LiDAR, de coste mucho más elevado.

Los datos pueden minimizar el riesgo de una inapropiada selección de ubicaciones para plantas eólicas en terrenos escarpados, lo que permite una representación de reconocimiento a una escala de 1:50.000, o incluso mejor, y una representación de lugares a una escala de 1:20.000.

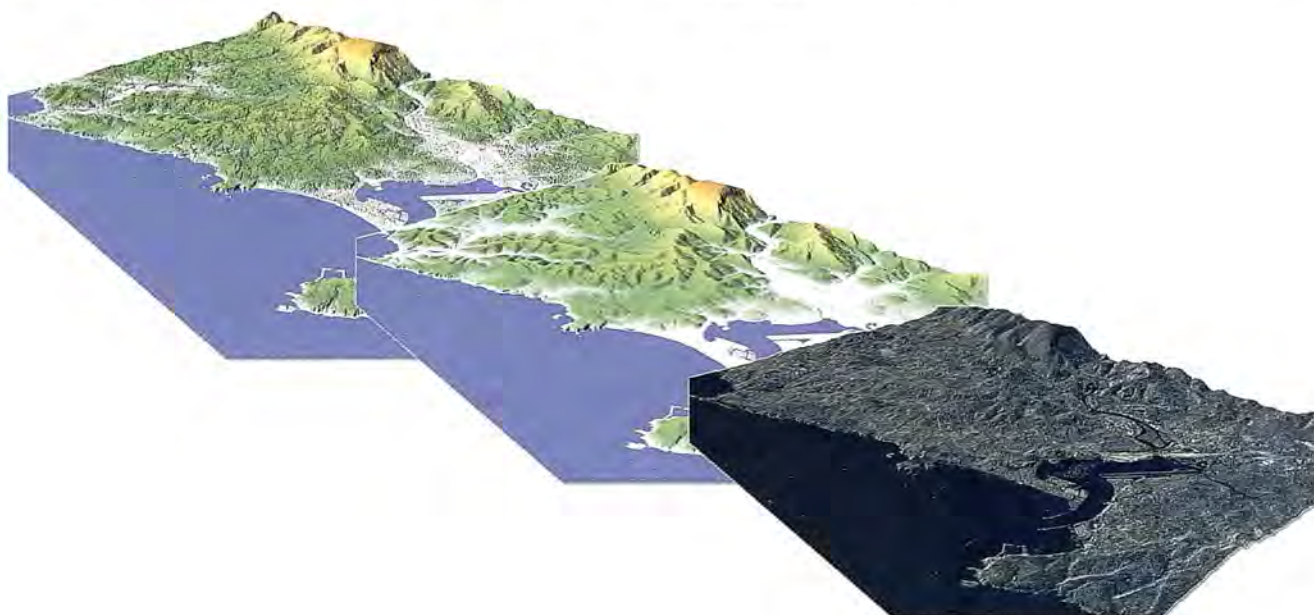
Los modelos de superficies digitales de NEXTMap Europa – España proporcionan información valiosa sobre potenciales ubicaciones de las instalaciones, incluyendo análisis de cuencas visuales. Los MDT – modelos topográficos de suelos de tierra de los que se eliminan la vegetación, los edificios y otras características – resultan soluciones ideales para planificar la construcción de instalaciones de energía eólica, desde la micro ubicación de turbinas hasta la implantación de caminos de acceso y líneas de transmisión.

Los ORI de NEXTMap Europa ayudan a mostrar el efecto visual de una planta eólica, mediante la representación de sus instalaciones, líneas de transmisión, infraestructuras, etc permitiendo así mitigar el impacto sobre el paisaje y la comunidad próxima.

Aplicaciones de gestión de riesgos

Las aplicaciones de los datos de NEXTMap van más allá de las de los productos básicos (geoespaciales), que aprovechan la precisión y uniformidad del conjunto de datos para proporcionar un número cada vez mayor de servicios esenciales. Por ejemplo, los datos de NEXTMap son de gran utilidad para la evaluación de riesgos por inundaciones, en particular en las cuencas altas de los ríos. La pre-

permitir la elaboración de modelos de alta precisión de distintos riesgos de inundación, incluyendo ríos, aguas superficiales, avances del mar y fallos de depósitos. Las evaluaciones de riesgos de inundación resultantes se crearán con el software de elaboración de modelos hidráulicos en 2 D JFLOW-GPU de JBA, reconocido a nivel científico, y permitirá que los clientes accedan a una variedad de soluciones de gestión de riesgos por inundaciones con una calidad sin precedentes en España y, a mayor escala, en Europa.



Desde la izquierda) Un modelo de digital superficie, modelo digital del terreno e imagen de radar ortorectificado de la base de datos de NEXTMap Europa – España, que muestra Hendaya y Hondarribia, en la frontera con Francia.

cisión de los datos ayuda a producir modelos de inundaciones con un nivel de precisión tal que llega hasta las direcciones específicas de cada parcela que puede ser afectada. Los modelos pueden modificar sus parámetros para medir la posibilidad de inundaciones en cualquier rango de períodos de riesgo, hasta 50 años y más.

En mayo de este año, Intermap anunció una colaboración con la empresa de gestión de riesgos de inundación y medio ambiente, JBA Consulting, para suministrar servicios detallados de representación de inundaciones en toda Europa continental. Los datos de mapas de elevaciones digitales de NEXTMap Europa, junto con los modelos de elevación digital que Intermap va a producir para la iniciativa de Vigilancia Mundial de Medio Ambiente y Seguridad (GMES, por sus siglas en inglés), permitirá que el departamento de gestión de riesgos de JBA pueda realizar valoraciones de inundaciones transfronterizas de forma precisa, actual y coherente en toda Europa.

Intermap proporcionará datos de elevaciones a JBA para

Siguientes pasos para NEXTMap

Ahora que NEXTMap Europa – España está disponible en el mercado (al igual que los conjuntos de datos completos de NEXTMap Europa y NEXTMap EE UU), Intermap se está centrando en la creación de nuevas aplicaciones para dichos datos. Parte de este planteamiento incluye habilitar el uso de los datos online para adaptarse a las nuevas demandas de los usuarios, permitiendo así que no sea necesario almacenar y gestionar grandes conjuntos de datos.

A medida que la calidad, resolución, tamaño, complejidad y cantidad de fuentes de datos geoespaciales siga aumentando, Intermap reconoce la necesidad de una gestión de datos más eficaz y de la interoperabilidad de las aplicaciones. Intermap ha ampliado su portal de servicios web “TerrainOnDemand® a una plataforma de “datos como servicio”, que sirve de apoyo localmente para la adquisición, el análisis y suministro de todos sus datos geoespaciales optimizados.

TerrainOnDemand cumple las normas del Open Geospatial Consortium (OGC). OGC es una organización internacional del sector que incluye más de 400 empresas, agencias gubernamentales y universidades para elaborar normas de interfaces que permitan mejorar la comunicación e interoperabilidad de datos en la industria.

Mientras que la mayoría de los servicios web geoespaciales ofrecidos se centran en las funciones de Servicios de Mapas Web (WMS, por sus siglas en inglés) que únicamente presentan imágenes, los servicios web TerrainOnDemand de Intermap también proporcionan un Servicio de Cobertura Web (WCS, por sus siglas en inglés) completo, que permite que los datos puedan por tanto ser interpretados, extrapolados, etc y no solamente visualizados.

Intermap también ha presentado recientemente una aplicación que produce Perfiles de Terrenos Online (PTO) que permitirán a las empresas de telecomunicaciones inalámbricas aumentar significativamente la precisión de sus mediciones para la ubicación de antenas. Antes de los PTO

de NEXTMap, las empresas de telecomunicaciones dependían de datos de elevación incoherentes y poco fiables, que exigían la realización de estudios de campos de validación con altos costes económicos, lo que aumentaba los gastos y el tiempo necesarios para mejorar y ampliar las redes de transmisión por microondas.

Con los datos de NEXTMap como base, la aplicación se ha diseñado específicamente para apoyar la ubicación y la expansión de las redes de torres de microondas, mediante la provisión de perfiles de terrenos precisos, incluyendo datos y gráficos de perfiles de terrenos en 3D, a través del portal de servicios web TerrainOnDemand.

Menos de dos años después de la obtención de los datos del último Kilómetro cuadrado, la lista de aplicaciones de los datos de NEXTMap Europa y España sigue creciendo. Y, a medida que los recursos en línea y otras tecnologías siguen desarrollándose, este crecimiento no dejará de acelerarse.

NOTICIAS

Autodesk brinda a sus usuarios la oportunidad de conocer las últimas novedades del mundo del diseño en su Forum 2010

Con el lema “El futuro empieza aquí” Autodesk, Inc., líder mundial en creación de software de diseño 2D y 3D, ha celebrado su AUTODESK FORUM 2010 en España. El evento se trata de una oportunidad que la compañía brinda a sus usuarios de conocer en primera persona, de la mano de responsables de la compañía, expertos de otras empresas y distribuidores de su canal autorizado, las principales novedades del mundo del diseño aplicado a los sectores de la Arquitectura y Construcción, Industria y Fabricación, y al mundo del entretenimiento.

Entre muchas otras cosas, el acto contó con conferencias exclusivas centradas en cada uno de los productos de Autodesk, ponentes de primer nivel y un espacio de networking para intercambiar experiencias y conocer de primera mano casos de éxito de empresas del sector que están utilizando estas soluciones. La importancia de la innovación como vehículo de

salida de la actual crisis, las capacidades y funcionalidades de las nuevas versiones 2011 y las últimas tendencias en Arquitectura Sostenible, creación de Prototipos Digitales y técnicas de animación cinematográfica fueron los ejes temáticos que protagonizaron el Autodesk Forum 2011.

“La importancia del Autodesk Forum 2010 radica en que se le ofrece a los asistentes una oportunidad única para interactuar directamente con los responsables de Autodesk, estrechar lazos con otras compañías del sector y conocer de primera mano, con ejemplos concretos, cuáles son los beneficios de nuestras nuevas soluciones” explica Alba Ventosa, Directora de Marketing de Autodesk para el Sur de Europa. “Para nosotros, también supone una oportunidad increíble para intercambiar opiniones con nuestros usuarios y distribuidores, conocer sus necesidades e informarles sobre como las nuevas funcionalidades y capacidades vienen a satisfacer la mayor parte de ellas”.

El evento, que ha sido patrocinado por HP y NVIDIA, ha contado con la colaboración de los mayoristas GTI, Techex, Tech Data y con los principales distribuidores del canal oficial de Autodesk como son 2aCad, Alcyone, Asidek, Cad&Lan, Cadmax, PNY, Informática El Corte Inglés e IMC. Así mismo se contó con la ponencia de expertos como Carlos Brazao, actual International Expansion Partner de VektorPlus Iberia y ex directivo de Microsoft, y con una serie de empresas que han ejemplificado a través de diversos casos de éxito el aporte y los beneficios que ofrecen las soluciones de Autodesk a cada industria.

“Gracias a la colaboración de nuestro canal autorizado, de expertos como Carlos Brazao y de las compañías que se han ofrecido a colaborar para mostrar cómo han conseguido desarrollar sus proyectos de una manera más rápida y eficiente gracias a nuestras soluciones, hemos conseguido que el Autodesk Forum 2010 haya sido un éxito y se haya conver-

tido ya en uno de los encuentros sobre diseño más avanzados de España”, explica Teresa Farriol, Directora de Canal de Autodesk para Iberia.

Así, el Autodesk Forum 2010, se ha dividido en los tres grandes bloques que engloban sus soluciones: Arquitectura, Construcción e Infraestructuras; Industria y Fabricación; y, Media y Entretenimiento.

Para el primer bloque se ha incidido en la importancia de la Arquitectura Sostenible y BIM (Modelado de Información de Edificios); para el segundo se han puesto de relieve los avances que se han producido en la creación de prototipos digitales, su importancia en la reducción de tiempos y como facilitan la visualización y presentación de proyectos de ingeniería; y, por último, este año, se ha brindado un protagonismo especial al sector de Media y Entretenimiento como uno de los segmentos de actividad que han adquirido mayor importancia durante el último año.

A través de estos ejes temáticos, y apoyándose en las ponencias de sus responsables, expertos, partners y casos de éxito, la compañía ha aprovechado el foro para explicar los beneficios y capacidades de sus nuevas versiones 2011.

En todas ellas, Autodesk ha puesto énfasis en permitir una mayor creatividad, una mejor interoperabilidad, más rendimiento y un análisis mejorado de los proyectos. Nuevas herramientas de diseño conceptual y diseño de formas libres, mayores usos para el desarrollo de proyectos colaborativos, mejoras en la documentación y comunicación, mejor integración entre las soluciones, mejoras de las interfaces o nuevas herramientas de renderizado y animación, son sólo algunas de las novedades que presentan estas versiones.

“Las versiones 2011 de Autodesk revolucionan la tecnología de diseño”, explica Nicolás Loupy, Director de Ventas de Mercados Verticales. “Agi-

lizan la conceptualización de los diseños y facilitan su desarrollo en tiempos record. Las mejoras introducidas aumentan la productividad en todas las fases del proceso de diseño, un factor que resulta clave en la compleja situación económica actual”.

Las versiones 2011 de Autodesk: Arquitectura, Construcción e Infraestructuras

Las nuevas versiones 2011 para arquitectura, infraestructuras y construcción se han diseñado para favorecer la adopción de las tecnologías de “modelado de información de edificios”, BIM (Building Information Modeling) en el mercado. Dentro de este portfolio actualizado destacan Autodesk Revit Architecture 2011, Autodesk Revit Structure 2011, Revit MEP 2011, AutoCAD Civil 3D 2011 y Autodesk Navisworks 2011 y Autodesk Buzzsaw 2011.

La compañía quiere fomentar el desarrollo del proceso BIM a través de la mejora de la comunicación entre los equipos multidisciplinares para que innoven y analicen nuevos modelos de rendimiento energético e incremento de la productividad en el diseño y realización de proyectos. Así mismo, Autodesk mejora su solución estrella AutoCAD Map 3D para proyectos geoespaciales.

La versión 2011 proporciona el acceso directo a los datos de planificación de infraestructuras, el diseño y la gestión de actividades, ayuda a los profesionales a crear, gestionar y analizar el diseño de proyectos de transporte, de suelo, de agua y de energía más fácilmente, así como los Sistemas de Información Geográfica – GIS- y datos de archivo para que puedan lograr mejores diseños, mayor productividad y mejor calidad de los datos.

Industria e Ingeniería

Las versiones 2011 del catálogo de soluciones de Ingeniería de Diseño

2D y 3D han sido creadas para ingenieros y diseñadores industriales y empresas de fabricación que necesitan visualizar, simular y validar los diseños digitalmente antes de fabricar un prototipo físico. La estrecha integración de la tecnología ofrecida por el software Autodesk Inventor 2011 y la completa gama de software de Autodesk Digital Prototyping permite a los diseñadores e ingenieros acelerar los plazos de diseño, desarrollo y fabricación, elimina la necesidad de externalizar determinadas tareas y mejora la productividad reduciendo los costes. Inventor 2011, que ha mejorado y ampliado sus funcionalidades en la gestión y manipulación directa de objetos, permite acelerar hasta un 40 por ciento las tareas de diseño comunes.

Medios y entretenimiento

Las nuevas versiones 2011 de Digital Entertainment Creation de Autodesk para el modelado 3D, animación, efectos, interpretación, composición, escultura digital y dibujo 3D, ayudan a acelerar los flujos de trabajo y mejorar la interoperabilidad, ayudando a los artistas y profesionales a aprovechar al máximo su creatividad y optimizar su productividad.

Soluciones como Autodesk Maya 2011, Autodesk 3ds Max, Autodesk Softimage 2011 y Autodesk Mudbox 2011 entre otras de esta división de la compañía, están revolucionando el mundo digital y cinematográfico con herramientas de animación y renderizado muy potentes que aumentan el rendimiento de los profesionales.

Autodesk agradece el patrocinio de Autodesk Forum 2010 a HP y a Nvidia, así como la colaboración de sus mayoristas Techex, Tech Data y GTI, sin olvidar el apoyo de sus resellers 2aCad, Alcyone, Asidek, Cad&Lan, Cadmax, PNY, Informática El Corte Inglés e IMC.

tienda **carto**

LA TIENDA DE TOPOGRAFÍA ON-LINE

**Estaciones Totales, GPS, Niveles,
Medidores Láser, Señalización,
Accesorios, Controladores,
Navegadores y Software a los
mejores precios del mercado.**

Descúbrelo en:

www.tiendacarto.com

La Estación Total y las exigencias de la Topografía Aplicada

II Convención de las Ingenierías de las Geociencias y Química

Ricardo Olivera Rodríguez, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Auxiliar;
Profesor Titular Adjunto, Master en Geodesia Aplicada, Ingeniero Aerofotogeodesta
GEOCUBA Investigación y Consultoría

Resumen

Determinar confiablemente con un solo instrumento de medición las tres componentes espaciales básicas de la Topografía (x, y, z) siempre fue un anhelo histórico. Con el reciente surgimiento de las Estaciones Totales este problema quedó resuelto definitivamente, y el futuro cada vez más se encamina hacia la integración de los datos de campo y su posterior procesamiento digital en gabinete, minimizándose así el tiempo de ejecución, y por ende, los costos, con una consecuente mejor calidad en el servicio topogeodésico.

Dada esta real particularidad, algunos especialistas han supuesto que los métodos tradicionales de la Topografía Clásica han quedado ya obsoletos, y por extensión, la Topografía Aplicada no los debe emplear. En el presente trabajo abordamos críticamente esta situación, analizando las precisiones requeridas en la Topografía Aplicada.

Es sabido que las Estaciones Totales se caracterizan, en cuanto a precisión, por errores medios cuadráticos en la medición de los ángulos horizontales y los verticales (o cenitales); y por el de la distancia. Estos valores sirven de indicador de factibilidad para el empleo óptimo de la Estación Total. Aquí demostramos que aún –en determinadas aplicaciones ingenieras– las Estaciones Totales no satisfacen los requerimientos de precisión, y es necesario, continuar recurriendo a los medios y métodos tradicionales de medición. Para evitar errores innecesarios en los resultados, recomendamos que siempre se realice el análisis a priori de los errores de las mediciones, herramienta útil y necesaria en Topografía Aplicada.

Introducción

En la medición electrónica de ángulos y distancias, se denomina medición total a la acción de obtener en una sola observación los tres valores que caracterizan la posición de un punto en el espacio (x, y, z). Ver la figura 1.

- el ángulo horizontal;
- el ángulo vertical;
- la distancia geométrica o inclinada.

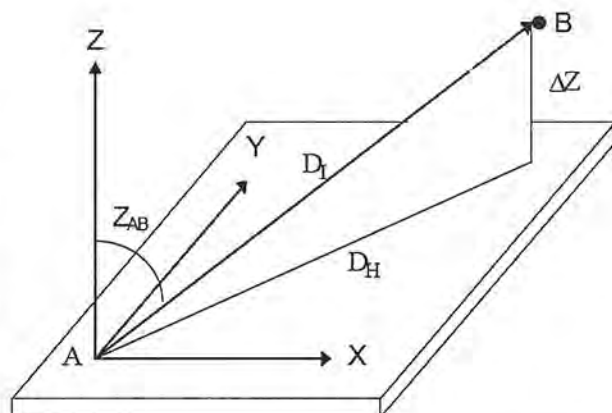


Figura 1. Medición conjunta de distancias y ángulos. Medición total

Una vez determinados estos tres valores es posible calcular la distancia horizontal. Ver la figura 2:

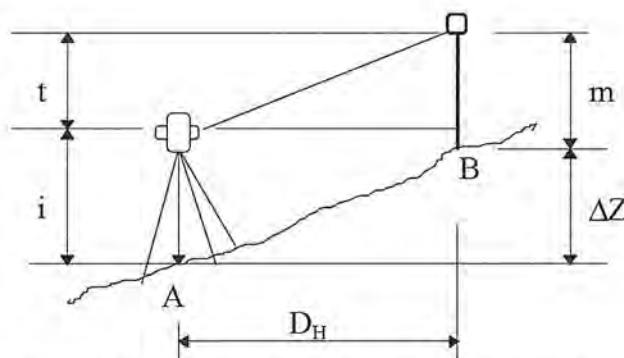


Figura 2. Componentes de la medición con la Estación Total

$$DH = DI \cdot \text{sen } ZAB$$

Y el desnivel:

$$\Delta Z = t + i - m$$
$$\text{o } \Delta Z = DH \cdot \text{cot } ZAB + i - m$$

Donde:

DH - distancia horizontal;
DI - distancia geométrica o inclinada;

Z AB - ángulo vertical (cenital);
 i - altura del eje de colimación sobre el punto de estación (A);
 t - distancia entre el eje de colimación y el prisma;
 m - altura del prisma sobre el punto observado (B)

Con los valores de la distancia horizontal y el ángulo horizontal es posible calcular fácilmente los incrementos de coordenadas si se conoce el acimut de la dirección inicial de medición de los ángulos.

$$\Delta X = DH \cdot \text{sen } AAB$$

$$\Delta Y = DH \cdot \text{cos } AAB$$

Donde:

$$AAB = A_{\text{inicial}} + \text{Ang. Horiz.}$$

Y entonces, las coordenadas de B serán calculadas por las conocidas expresiones:

$$XB = XA + \Delta X; YB = YA + \Delta Y; ZB = ZA + \Delta Z$$

Para llegar a la Estación Total Topográfica Total, tal y como se ofertan hoy en día por numerosos fabricantes (Leica, Topcon, Nikon, Zeiss, Lep, Pentax, Sokkisha, y otras), se transitó por varias fases, que comenzaron con los distanciómetros electrónicos, continuó con los teodolitos electrónicos, hasta llegar a la integración en uno solo de estos dos; es decir, del distanciómetro con el teodolito electrónico, que además de realizar la medición total, es capaz de efectuar numerosos cálculos, incluyendo la determinación de las coordenadas del punto observado. Algo bien deseado por los topógrafos.

Recordemos que anteriormente en la Topografía Clásica o Convencional para obtener las tres coordenadas espaciales de un punto (x, y, z) había que realizar varios pasos aislados, a saber:

1. Contar con puntos con coordenadas iniciales (x, y, z) conocidas y de orden superior de precisión al que se va a determinar. De no existir, era necesario densificar las redes y acercar esos puntos al área de trabajo:

2. Medir los ángulos horizontales según la figura y el método topográfico a aplicar;

3. Medir los ángulos verticales o cenitales según la figura y el método topográfico a aplicar;

4. Medir la distancia entre los puntos según el método de determinación a emplear.

5. Medir el desnivel entre puntos con altura conocida y que se va a determinar.

Para todo lo anterior era necesario emplear diferentes instrumentos de medición: un teodolito, con sus miras, un nivel óptico, un distanciómetro o una cinta métrica, o qui-

zás podría utilizarse un taquímetro o una alidada plancheta, así como otros medios. Todos ellos requerían una calibración metrológica y el control sistemático en campo. Con la Estación Total todo eso se resuelve con un solo medio, de ahí su gran ventaja.

Errores en las mediciones con una estación total

La Estación Total en su medición comete errores, tanto sistemáticos como aleatorios o accidentales [1].

Entre los errores sistemáticos se encuentran:

1. Errores en distancia:

1.1. Errores proporcionales a la distancia:

- a). error de índice de refracción;
- b). error de escala, y
- c). error por la constante del equipo.

1.2. Errores no proporcionales a la distancia:

- a). error cíclico, y
- b). error constante del instrumento;

2. Errores en el ángulo horizontal:

2.1. Error debido a la refracción atmosférica lateral.

3. Errores en el ángulo vertical:

3.1. Error debido a la refracción atmosférica.

Entre los errores aleatorios o accidentales.

1. Errores angulares

Recordemos que los errores angulares accidentales son:

- a). error de verticalidad;
- b). error de dirección;
- c). error de puntería y
- d). error de lectura.

El error de verticalidad ($\square V$) puede considerarse prácticamente eliminado en los teodolitos electrónicos, que determinan las componentes de la inclinación residual del eje general en la dirección de la visual y normal a ella, y un microprocesador, que calcula la corrección necesaria para la lectura del limbo horizontal.

El error de dirección (ϵD) es el resultante de los errores

$$\epsilon_D = \frac{e}{D} \rho''$$

de centración del instrumento y la señal, calculado por:
Donde:

e - error de centración de la Estación Total, más el error de centración del prisma, (suponiendo que se utiliza éste para medir el ángulo horizontal).

D - distancia horizontal de la Estación Total al punto observado.

El error de puntería (ϵ_P) depende del tipo de prisma que se utilicen en la medición.

Actualmente se fabrican prismas especialmente diseñados para las características de la Estación Total. Así, por ejemplo, en la figura 3 se muestra el prisma y la tarjeta para trabajar con un distanciómetro montado sobre los soportes el eje transverso. La distancia entre el eje del anteojo del teodolito y el eje del distanciómetro es igual a la distancia entre el centro de puntería de la tarjeta y el eje del prisma reflector, de manera que al bisecar con el teodolito la tarjeta, queda el distanciómetro apuntado hacia el prisma, y por lo tanto, el ángulo vertical es el correspondiente a la distancia inclinada medida, ya que el haz de ondas electro-magnéticas será paralelo a la visual del

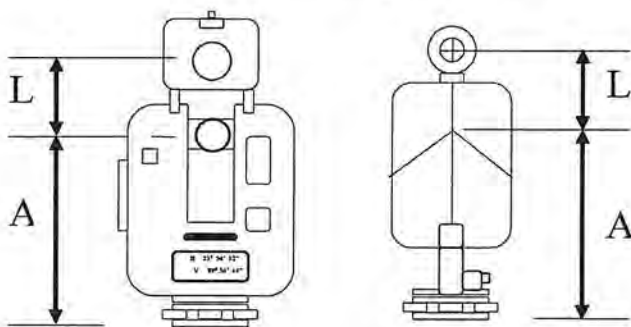


Figura 3. Prisma y tarjeta trabajar con un distanciómetro montado sobre los soportes el eje transverso

teodolito dirigida a la señal.

En la figura 4 se muestra el prisma y la tarjeta de puntería para un distanciómetro montado sobre el anteojo del teodolito y como la distancia entre el eje del distanciómetro y el del anteojo se reducen con respecto al caso anterior, en consecuencia se reduce también la distancia entre la señal de puntería y el prisma, para lograr que al bisecar la señal de puntería con el teodolito, el distanciómetro apunte hacia el prisma. En la figura 5 se muestra la señal de puntería y el prisma para una estación total integrada en la que coinciden ambos elementos, ya que el haz de ondas es coincidente con el eje de colimación del teodolito.

En todos los casos la altura de la señal (m) para calcular

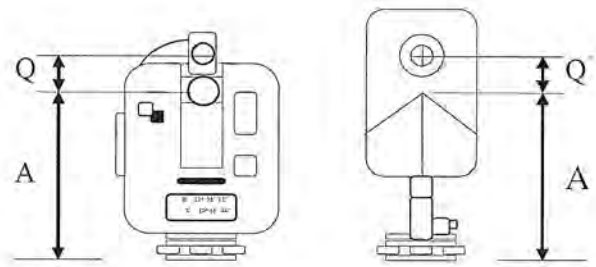


Figura 4. Prisma y la tarjeta de puntería para un distanciómetro montado sobre el anteojo del teodolito

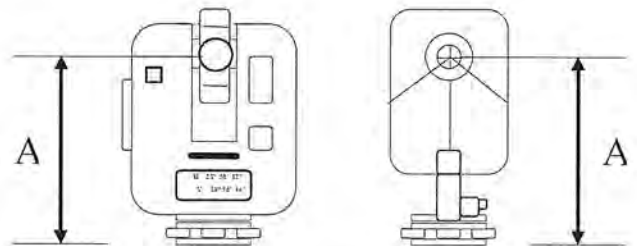


Figura 5. La señal de puntería y el prisma para una estación total en la que coinciden ambos elementos

el desnivel se medirá hasta la señal de puntería de la tarjeta.

En la actualidad prácticamente todas las Estaciones Totales son del tipo de la figura 5, es decir, Estaciones Totales Integradas.

Si se emplean los prismas adecuados el error de puntería se reduce al que surge en la bisección de la señal en la tar-

$$\epsilon_{PC} = \frac{20''}{A} \left(1 + \frac{4A}{100} \right)$$

jeta, que responde a la expresión para la medición de án-

$$\epsilon_{PA} = \frac{10''}{A} \left(1 + \frac{4A}{100} \right)$$

gulos verticales:

y para la medición de ángulos horizontales:

El error de lectura (ϵ_L) en teodolitos óptico-mecánicos responde a la expresión $\epsilon_L = \frac{2}{3} a$.

Pero, en los teodolitos electrónicos el concepto de apreciación es otro: $\epsilon_L = a$

El error resultante para una dirección horizontal será: $\epsilon_{DH} =$

y para una dirección vertical será: $\epsilon_{DV} =$

Entonces el error de un ángulo horizontal medido una sola vez, con una Estación Total será:

$\epsilon_{AH} =$

y el error de un ángulo vertical medido una vez será:
 $\epsilon_{AV} =$

2. Errores lineales

Los errores lineales de las Estaciones Totales son del mismo tipo que las de los distanciómetros electrónicos:

$$P = f + s$$

Donde:

- P - precisión en mm.
- f - cantidad constante en mm.
- s - valor en mm por km. (p.p.m.)

Teniendo en cuenta que la precisión es del mismo orden de magnitud que la parte lineal del error de dirección, es necesario añadir éste al cálculo final de la precisión, resultando el error en distancia D:

$$E = (f + s \cdot D) + e$$

Donde:

e - representa el error de dirección. Este valor suele tomarse entre 0 y 10 mm.

Rango de precisión de las estaciones totales actuales

Existen en el mercado una gran gama de modelos diferentes de Estaciones Totales y un listado de las mismas sería tedioso, por lo que resulta más conveniente mostrar en un gráfico el rango de dos de los parámetros técnicos más importantes: el alcance y la precisión (sin considerar

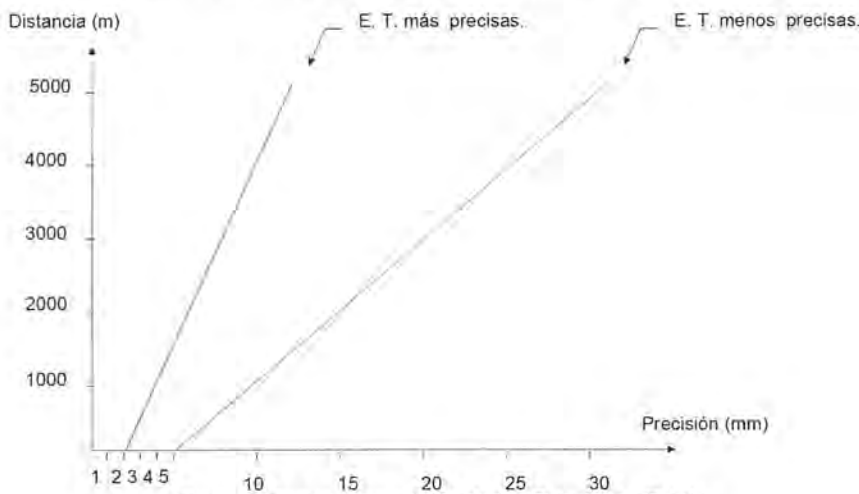


Figura 6. Rango de precisión de las Estaciones Totales

el error de dirección)

De la figura 6 podemos ver que las Estaciones Totales ofertadas en la actualidad se encuentran en el rango entre

la recta de la izquierda y la de la derecha, lo que nos dice que los alcances máximos están en el orden de los 5 000 m (con 9 prismas) y las precisiones en el rango $\pm (2 - 5 \text{ mm} + 3 - 5 \text{ p.p.m.})$.

Obviamente con estas precisiones y alcance pueden ejecutarse todos los trabajos convencionales de la Topografía Clásica. Digamos que el levantamiento a escala 1:500, que es el más exigente, permite errores medios cuadráticos límites planimétricos de $\pm 20.0 \text{ cm}$. La equidistancia más exigente es la de 0.25 m, lo que permite un error de su determinación altimétrica de $\pm 10 - 12 \text{ cm}$. Todos los otros servicios topográficos tradicionales permiten mayor holgura en los errores, por lo que estas Estaciones Totales muy acertadamente pueden ser utilizadas.

Sin embargo, veamos si estas precisiones satisfacen algunos trabajos de rigor de la Topografía Aplicada.

Exigencias de precisión de la topografía aplicada

La Topografía Aplicada tiene sus particularidades y en la ejecución de sus diferentes trabajos se exigen muy elevadas precisiones. Mostraremos solamente dos casos: el de replanteo y el de monitoreo de deformaciones, los cuales se muestran a continuación.

1. Trabajos de replanteo

En la tabla 1 se muestran los permisibles de replanteo, establecidos en [2].

En la tabla 2 se muestran los valores de errores mg para el replanteo de la posición planimétrica en la construcción y montaje.

Tras un análisis de estas exigencias se comprueba que la Estación Total, aunque sea la de mayor precisión, no es adecuada para ejecutar los trabajos de replanteo altimétricos en los tres primeros tipos de obras de la tabla 1, y en ninguno de los casos de aseguramiento planimétrico reflejados en la tabla 2.

Si las exigencias de replanteo son tales, entonces el levantamiento de certificación ejecutiva exige similar precisión, pues para establecer si un elemento de construcción ha sido ejecutado según las exigencias de proyecto se necesita establecer su

posición planoaltimétrica con la misma precisión que las exigencias de replanteo. Por lo que nos asiste la razón para afirmar que tampoco puede emplearse la Estación Total en

Tabla 1. Establecimiento de permisibles de medición en base a las clases de precisión

Clase de exactitud	Característica del edificio, obra o construcción	Errores medios cuadráticos permisibles de medición en los trabajos de replanteo		
		Medición angular, (")	Medición lineal y traslado de ejes en altura	Determinación de alturas, mm
1	Construcciones metálicas con superficies de contacto fresado. Construcciones de hormigón armado montadas por el método de fijación y anclaje	10	$\frac{1}{15000}$	1
2	Edificios superiores a 16 pisos o con una altura superior a 36 metros o edificaciones mayores de 16 metros	10	$\frac{1}{10000}$	2
3	Edificios mayores de 5 pisos hasta 16 o con una altura de 6 a 36 metros o obras con altura de 15 a 60 metros. Construcciones metálicas con uniones soldadas o unidas con remaches o pernos. Construcciones hechas con moldes deslizantes.	20	$\frac{1}{5000}$	2
4	Edificios de hasta 5 pisos o con una altura de hasta 6 metros y obras con una altura de 15 metros. Construcciones de hormigón armada monolítico con encofrado estacionario. Construcciones de bloque y ladrillo. Construcciones de madera	30	$\frac{1}{2000}$	5
5	Obras construidas con tierra	45	$\frac{1}{1000}$	10
6	Construcciones de menor envergadura	60	$\frac{1}{500}$	50

Tabla 2. Valores de errores mg para la posición planimétrica de la construcción y montaje

Descripción del trabajo	Error medio cuadrático de la medición geodésica m _g , mm
Control de establecimiento de la posición planimétrica de una construcción con relación a los ejes de replanteo:	
1. Ejes de construcciones ancladas y vasos de hormigón armado	2
2. Ejes de columnas metálicas y de hormigón armado	1
3. Ejes de paneles de hormigón y bloques	1
Traslado de la posición planimétrica del equipamiento tecnológico a partir de las líneas de referencias:	
1. Ejes y partes de apoyo del equipamiento industrial estándar	1 - 0.5
2. Ejes y puntos de altura de líneas automatizadas o en serie	0.5 - 0.1
3. Puntos de coordenadas de maquinarias y herramientas precisas	0.1 - 0.03

la certificación ejecutiva de tales elementos.

2. Monitoreo de deformaciones de obra

Las deformaciones de las obras suelen monitorearse mediante la determinación de los asentamientos y los desplazamientos horizontales de manera independiente. En [3] se establece el rango de precisión en dependencia del tipo

Tabla 3. Precisión normada de los asentamientos según sus categorías

Categoría	Error medio cuadrático de determinación de los asentamientos, mm
Primera	± 1.0
Segunda	± 2.0
Tercera	± 5.0

de obra a observar, estableciéndose para el caso de los asentamientos tres categorías, según la tabla 3.

Aclaremos que hay casos particulares en que se exigen precisiones en la determinación de los asentamientos por debajo del milímetro. Para el caso de los desplazamientos horizontales, los rangos de los errores medios cuadráticos de sus determinación están igualmente entre $\pm 1,0$ a 5 mm, lo que depende de la longitud de la obra y su complejidad.

De estos valores se aprecia que ninguna Estación Total satisface los requerimientos de los asentamientos de primera y segunda categoría, y los desplazamientos horizontales en obras que exijan de $\pm 1,0$ a $3,0$ mm. Dado lo anterior, en Topografía Aplicada es necesario continuar empleando los métodos de medición particulares y los medios de medición específicos, tales como el nivel óptico

de alta precisión, similar al Leica N3; el teodolito de segundo, la cinta de invar, y otros medios tradicionales.

Conclusiones

Las particularidades y las elevadas exigencias de precisión de la Topografía Aplicada, con su gran gama de servicios ingenieros, requiere el establecimiento de los errores de las mediciones, su cálculo a priori. En determinados casos puede emplearse la Estación Total, sustituyendo así a los métodos tradicionales, pero esto debe realizarse muy cuidadosamente y sobre la base de contrastar el alcance de precisión de la Estación Total y comprobar que con ella se cumplen las exigencias de precisión de las aplicaciones ingenieras dadas.

En los casos de creación de las redes ingeniero-geodésicas de apoyo a la construcción civil y el montaje tecnológico especializado, el replanteo, el levantamiento de certificación ejecutiva, y el monitoreo de deformaciones que requieran precisiones en el orden de errores medios cuadráticos de $\pm 1,0$ a $2,0$ mm ninguna Estación Total puede ser empleada. En su lugar se deben emplear los métodos clásicos y tradicionales de la Topografía Aplicada.

Referencias

1. Belete Fuentes, Orlando. *Topografía*. (Libro inédito). ISMM de Moa, 2008.
2. MET 30-28:2005. *Metodología para el aseguramiento ingeniero-geodésico al montaje tecnológico*. GEOCUBA. La Habana. 2005.

La Tienda Verde

LIBRERÍA ESPECIALIZADA

CARTOGRAFIA

LIBROS Y GUÍAS DE MONTAÑA, NATURALEZA Y VIAJES

DISTRIBUIDORA DE CARTOGRAFIA Y LIBROS DE MONTAÑA

C/ Maudes, 23 (Viajes y Naturaleza)
Tel: 915 353 810 / 915 353 794 - Fax: 915 342 639
C/ Maudes, 38 (Mapas y Libros de Montaña)
Tel: 915 330 791 / 915 343 257 - Fax: 915 333 244

Distribución:
Tel: 915 337 351 - Fax: 915 333 244
Web: www.tiendaverde.org
e-mail: info@tiendaverde.es

Propuesta metodológica de sistema de información geográfica de los centros de gestión para la reducción del riesgo

II Convención de las Ingenierías de las Geociencias y Química

Silvio V. Rodríguez Hernández,
GEOCUBA Centro de Investigación y Consultoría

Resumen

Cuba por su posición geográfica es un país muy vulnerable a los peligros naturales, principalmente los hidrometeorológicos; por lo que se ha emitido la Directiva No.1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización y preparación del país para situaciones de desastres. A raíz de esta se están creando los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo en los municipios y territorios de mayor vulnerabilidad. Estos centros deben contar con un Sistema de Información Geográfica como herramienta geoinformática eficaz de ayuda a la toma de decisiones.

Se propone un SIG con modelo vectorial de datos, concebido a partir de la georreferenciación de la información gráfica establecida en dicha Directiva y los planes de reducción de desastres.

Se emplea la cartografía digital básica existente a escalas 1:100 000, 1:25 000, 1:2 000, 1:1 000 e imágenes satelitales disponibles. La información temática se obtiene a partir de estudios de riesgo, peligro y vulnerabilidad del territorio y otros estudios detallados del terreno. Esta propuesta de Sistema de Información Geográfica se implementa en las provincias de Pinar del Río, La Habana, Gramma y Santiago de Cuba mediante diferentes proyectos de colaboración del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo.

Abstract

Due to its geographical position, Cuba is highly vulnerable to natural risks, mainly from extreme weather events, which has been emitted the Directive No.1/2005 of the Vice-president of the Council of National Defense for the country's planning, organization and preparation for disaster situations. Currently are creating Territorial Risk Reduction Management Centers in the municipalities and territories more vulnerable. These centers should have a Geographic Information System as geo-informatics effective tool to taking decisions.

This methodological proposal conceives a Geographic Information System with data vector model, starting from the geo-referencing the graphic information established in the Directive No.1/2005 and disasters reduction plans.

Is used the basic digital cartography available at scales 1:100 000, 1:25 000, 1:2 000, 1:1 000 and available satellite images. The thematic information is obtained from risks studies and other detailed studies of the territory. This proposal of GIS has been implemented in the provinces Pinar del Río, La Habana, Gramma and Santiago de Cuba for different collaboration projects of the United Nations Development Program.

Introducción

Durante la toma de decisiones es necesario identificar las posibilidades ocultas en el interior de los datos informativos a través del lenguaje más fácil de interpretar, el visual, o sea, el de los mapas, o lo que es lo mismo actualmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Por lo cual, el empleo de los SIG en los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo (CGRR) a nivel territorial, constituye una necesidad para la reducción de desastres que puedan afectar a la población y a la economía ante diferentes fenómenos adversos.

Un Centro de Gestión para la Reducción del Riesgo es un espacio físico con un equipamiento modular designado para facilitar a las autoridades del territorio el manejo de los riesgos de desastres, influyendo directamente en la reducción de las vulnerabilidades y en el fomento de una cultura de reducción de desastres, así como en la preparación de la sociedad para enfrentar los peligros que puedan afectar la población, los recursos económicos y la infraestructura del territorio. Estos centros se han creado a raíz de la Directiva No.1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la organización, planificación y preparación del país para situaciones de desastres, y con la colaboración del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y otras Agencias del Sistema de las Naciones Unidas en los territorios de mayor exposición a los peligros naturales del país.

Los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo tienen entre sus funciones principales, almacenar en soporte digital bases de datos sobre la vulnerabilidad de los diferentes sectores del territorio y datos georreferenciados con el empleo de Sistemas de Información Geográfica, que permitan analizar sistemáticamente las vulnerabilidades del territorio y la adopción de medidas para la reducción de desastres.

Estos centros se subordinan directamente al presidente del Gobierno en su carácter de Jefe de la Defensa Civil en el territorio, que es auxiliado por el Jefe del Órgano de Defensa Civil para organizar el funcionamiento del mismo y se ubican generalmente en la sede del Consejo de Administración Provincial o Municipal.

Como se puede apreciar los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo constituyen escenarios creados para la implementación de Sistemas de Información Geográfica para la toma de decisiones de los gobiernos en función de la gestión para la reducción del riesgo.

Estos sistemas informativos tienen los siguientes objetivos principales:

- Ubicación y ploteo automatizado de los ciclones tropicales previendo su posible movimiento y lugares de afectación.
- Georreferenciación de las distintas fases decretadas

para la protección de la población y la economía, y los planes de evacuación de recursos humanos y materiales.

- Control de las distintas zonas de riesgo por penetraciones del mar e inundaciones por intensas lluvias y desborde de embalses.
- Georreferenciación de objetivos económicos que puedan provocar desastres tecnológicos y sanitarios, así como los que estén en riesgo de ser afectados por estos.
- Sentar las bases para la inserción de estos sistemas en la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales de la República de Cuba (IDERC).

Materiales y métodos

El contenido del Sistema de Información Geográfica de los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo está basado en lo establecido para la parte gráfica de los planes territoriales de reducción de desastres según la Directiva No1./2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional como se detalla a continuación:

- Límites territoriales.
- Ubicación de los puestos y puntos de dirección.
- Principales áreas vulnerables.

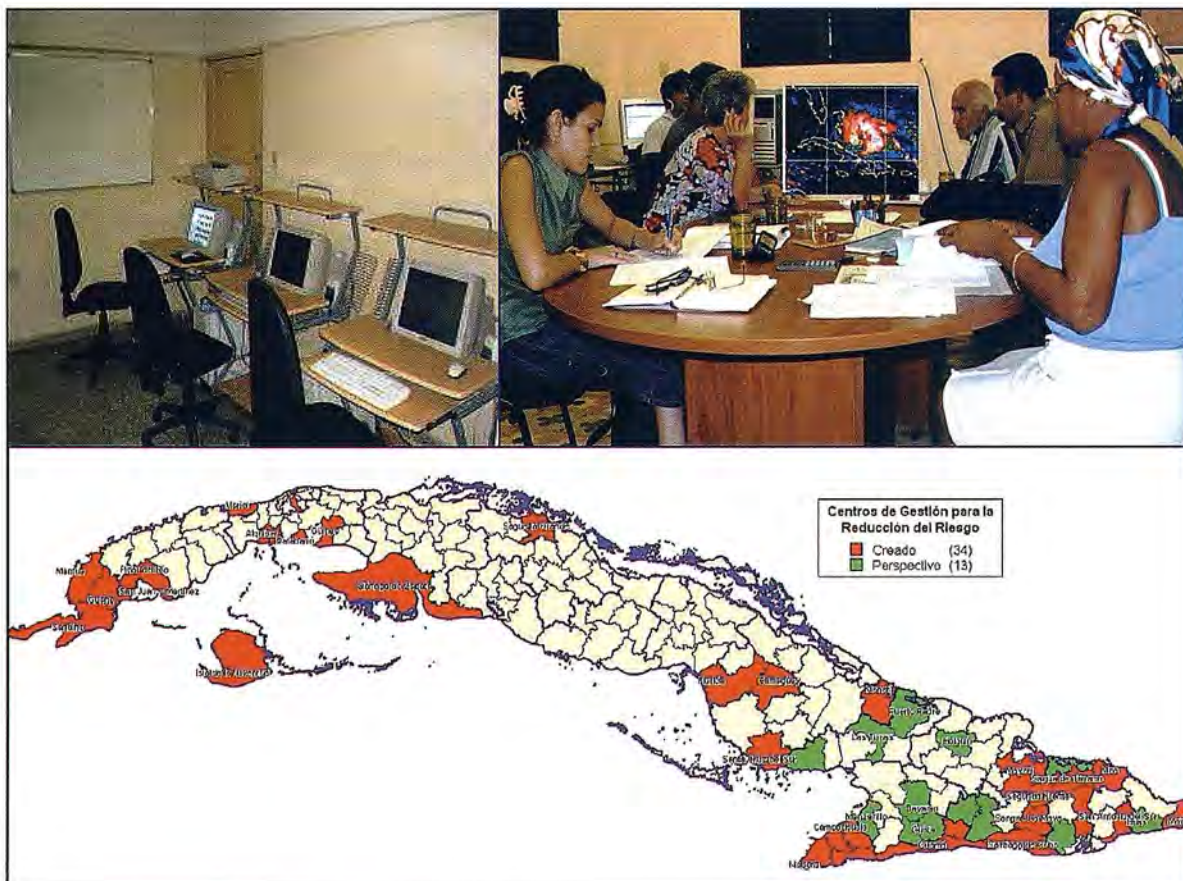


Fig.1. Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo

- Principales embalses, ríos, canales, conductoras de agua, estaciones de bombeo y plantas potabilizadoras.

- Aeropuertos, plazoletas para helicópteros, corredores aéreos, áreas de protección de embarcaciones.

- Instituciones médicas, de medicina veterinaria y sanidad vegetal.

- Comandos de bomberos.

- Entidades que manipulan sustancias peligrosas.

- Albergues y centros elaboración de alimentos.

- Lugar de evacuación de animales (ganado).

- Ubicación de radioaficionados.

- Plantas de generación de electricidad (líneas de alto voltaje).

- Bases de transporte.

- Estaciones meteorológicas, radares y otras instituciones de monitoreo y pronóstico.

Esta información cartográfica se puede clasificar en tres tipos:

- Cartografía digital básica.

- Bases de datos temáticas.

- Bases de datos del plan de reducción de desastres.

La cartografía digital básica, es la que contiene los principales elementos topográficos del terreno (planimétricos, hidrográficos, relieve, vegetación) y se obtiene a partir de los mapas topográficos. En estos casos se emplearan los mapas topográficos digitales (MTD) existentes a diferentes escalas 1:100 000 y 1:25 000; así como otras bases cartográficas digitales (BCD) a escala 1:10 000, 1:2 000 o 1:1 000.

Escala	Temática	Contenido
1:25 000	Relieve y modelo digital de relieve (MDT)	Curvas Índice, Principal, Complementaria.
1:25000, 1:100 000	Ejes Viales	Autopista, Carreteras I y II ordenes, Terraplenes, Vía férrea, Camino, Sendero.
	Hidrografía, Estructuras administrativas, Asentamientos Poblacionales, Bases de Datos Temáticas	Según Directiva No.1/2005.
1:2 000, 1:1 000 (urbanos)	Manzanas, Contorno Urbano, Ejes de calles, Vías Férreas	
	Hidrografía, Bases de Datos Temáticas	Según Directiva No.1/2005.
	Puentes	Clase, material.
	Áreas Verdes	Parque, Separador de vial.

Tabla I. Contenido de la Cartografía Digital Básica

Las bases de datos temáticas son las bases georreferenciadas con información temática del terreno o que no se representa en los mapas topográficos digitales. Esta infor-

mación podrá obtenerse de los estudios de riesgo realizados por el CITMA u otras instituciones del territorio, así como de estudios geográficos integrales del territorio.

No.	Temática	Contenido	Tipo de objeto
1.	Información general	Datos informativos generales a nivel de Consejo Popular	Areal
2.	Puestos y puntos de dirección.	Consejos de Defensa y de los Organismos de la Administración municipal.	Puntual
3.	Principales áreas de interés	Puertos, Industrias, Presas, Plantas de agua, Acueductos, Zonas con peligro de inundación, etc.	Areal
4.	Aéreas y navales	Aeropuertos, plazoletas para helicópteros, corredores aéreos, áreas de protección de embarcaciones	Areal
5.	Salud	Instituciones médicas, de medicina veterinaria y sanidad vegetal.	Puntual
6.	Evacuación	Albergues y centros elaboración de alimentos, Lugar de evacuación de animales	Puntual
7.	Radioaficionados	Ubicación de radioaficionados.	Puntual
8.	Generación eléctrica	Plantas de generación de electricidad, líneas de alto voltaje.	Puntual
9.	Transporte	Bases de transporte.	Puntual
10.	Monitoreo y pronóstico	Estaciones meteorológicas, radares y otras instituciones de monitoreo y pronóstico.	Puntual
11.	Formaciones geológicas.	Fallas, zonas de deslizamientos del terreno, zonas sísmicas.	Lineal, Areal
12.	Otras	Comandos de bomberos, Entidades que manipulan sustancias peligrosas, conductoras de sustancias peligrosas.	Puntual, Lineal

Tabla II. Contenido de las Bases de Datos Temáticas

Las bases de datos del plan de reducción de desastres se crean a partir de las tablas establecidas la Directiva No.1/2005. A partir de estas tablas se pueden conformar tantas bases de datos como sea posible, tomando principalmente los consejos populares o zonas de defensa, puntos poblados u otro elemento geográfico como objetos para la georreferenciación.

- Entre las principales bases de datos están las siguientes:

- Plan de evacuación del personal por intensas lluvias (para las fases de Alerta y Alarma, indistintamente).

- Plan de evacuación del ganado.

- Plan de afectación de viviendas por intensas lluvias

- Plan de movilización.

En estos casos la georreferenciación se realiza en base a los consejos populares o consejos de defensa. (ver figura 2)

Resultados

En este caso se muestran algunos de los resultados obtenidos al implementar esta propuesta de Sistema de Información Geográfica en el Centro de

Gestión para la Reducción del Riesgo del municipio de San Juan y Martínez, al sur de la provincia de Pinar del Río, uno de los más frecuentemente afectados por el azote de los ciclones tropicales y las penetraciones del mar.



Fig.2. Esquema Tecnológico General para la Implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG) de los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo (CGRR)

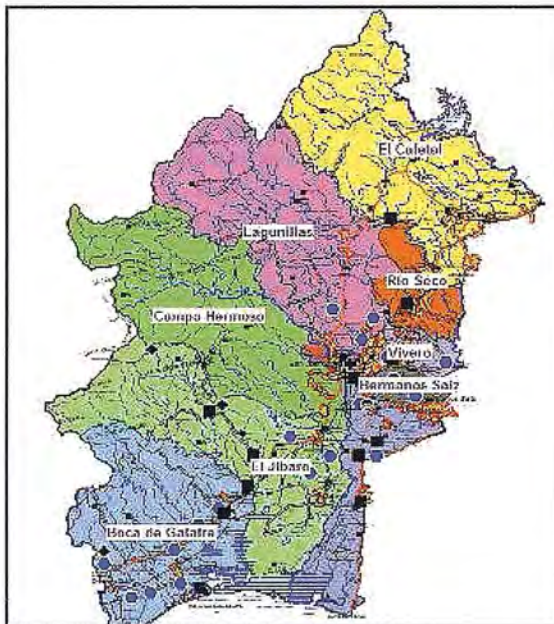


Fig.3. Consejos de Populares del Municipio

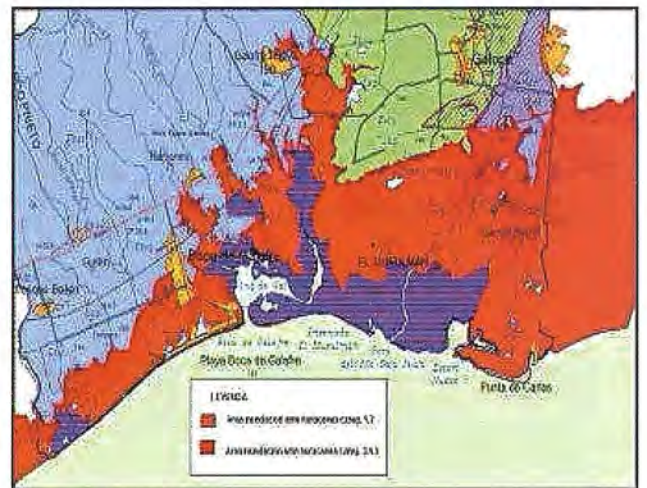


Fig. 5. Empleo del Modelo Digital del Terreno para la determinación de las áreas que se afectan por Penetración del Mar por Ciclones Tropicales

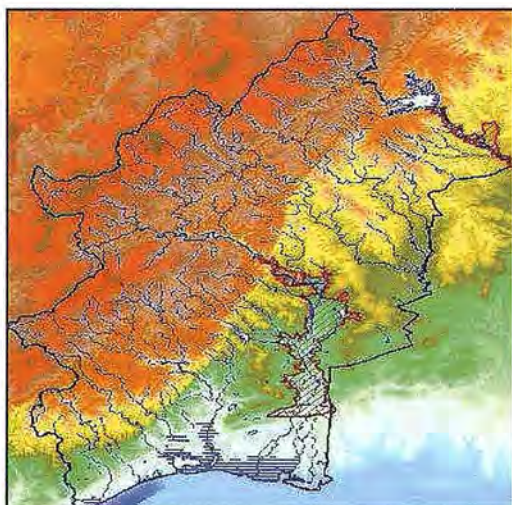


Fig. 4. Modelo Digital del Terreno con el Área de Afectación por Desborde de Presas

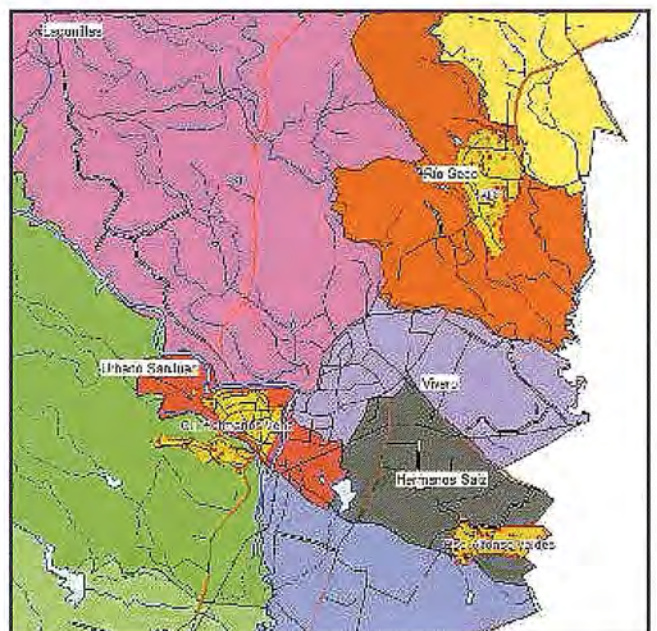


Fig. 6. Albergues para Evacuados y Centros de Elaboración de Alimentos

Discusión

Para la implementación de esta propuesta de Sistema de información Geográfica en los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo de nuestro país se están aprovechando las oportunidades que brindan diferentes iniciativas de colaboración a través del Ministerio de Comercio Exterior y Colaboración Extranjera y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para el Fortalecimiento de las Capacidades Locales en la Gestión para la Reducción de Riesgo en las provincias de Pinar de Río, La Habana, Granma y Santiago de Cuba, entre otras.

En el desarrollo de estos proyectos de colaboración participan diferentes instituciones nacionales como:

- Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC).
- Los Consejos de la Administración provinciales.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).
- Grupo Empresarial GEOCUBA.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).
- Oficina Nacional de Estadísticas (ONE).
- Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISJAE).
- Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CE-NAIS).

Conclusiones

Dando cumplimiento a la Directiva No.1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización y preparación del país para situaciones de desastres; y teniendo en cuenta las potencialidades tecnológicas actuales, se ha hecho imprescindible el empleo de los Sistemas de Información Geográfica para la gestión en la reducción de riesgos a nivel territorial en toda la nación, y su inserción en la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba.

Esta propuesta se implementa en los Centros de Gestión para la Reducción del Riesgo en el marco de diferentes proyectos de colaboración internacional, con la participación de diferentes instituciones nacionales.

Referencias

- Consejo de Defensa Nacional de la República de Cuba. "Directiva No.1 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización y preparación de país para situaciones de desastres".*
- Rodríguez Hernández S. "Empleo de un Sistema de Información Geográfica para el enfrentamiento de fenómenos meteorológicos adversos".*
- Rodríguez Hernández S; Muñoz Salabarría R; Cruz Iglesias R; Gallego Canino E. "Organización de los proyectos de Sistemas de Información Geográfica Territoriales en Cuba en interés de los gobiernos municipales".*

**VISITA NUESTRA
WEB**



**El Club de
los topógrafos**

**Hazte
Socio**

PODRAS DISPONER DE:

- Asesoramiento.
- Material Topográfico.
- Restitución.
- Batimetría.
- Etc.

Más Información en:
<http://www.taecclub.com/>

¡¡ MUY INTERESANTE !!

Llancanelo- sitio Ramsar. aplicación de modelos digitales en modelos hidrogeológicos – Argentina

Llancanelo – Ramsar site. application of digital models in hydrogeologic models - Argentina

Santiago Reyna, Teresa Reyna, María Lábaque, Fabián Fulginitti, Hugo Pesci, Armando Del Bianco, Estela Reyna, César Riha

Resumen

La Laguna de Llancanelo se ubica al sur de la Provincia de Mendoza. Fue declarada Reserva Natural por el Gobierno de la Provincia y designada como el sitio Ramsar N° 759 (1995). Este conjunto acuático formado por bañados, estuarios, salinas y el espejo de agua con elevados niveles salinos en sus aguas es un sitio de gran importancia ecológica por la gran cantidad de aves playeras con poblaciones de hasta 150.000 individuos, pertenecientes a 74 especies de aves acuáticas. En este trabajo se presenta el Modelo Numérico del nivel Piezométrico de la laguna (mapeo digital de superficie obtenido con el programa SURFER).

Los conocimientos obtenidos permitieron inferir las condiciones de equilibrio y, a nivel regional, inferir las líneas de flujo para el acuífero libre.

Abstract

Llancanelo Lagoon is located to the south of the Province of Mendoza. It was designated Nature Reserve by the Government of the Province and as Ramsar site N° 759 (1995). This environment constitutes an aquatic set consisting of wetlands, swamps, estuaries, salt marshes and the water body. The high saline levels of its waters give the system particular characteristics from the hydrochemical and environmental point of view (Misión Ramsar de Asesoramiento, 2002). This system is a site of great ecological relevance due to the large number of beach birds that go there for reproduction or use the site as migration station. This system houses populations of up to 150,000 individuals belonging to 74 species of aquatic birds. Nevertheless.

In this work the made digital model appears as it bases for the quali-quantitative analysis of the hydrogeology, within the geological and geomorphological context of the area of location of the basin and then, a quali-quantitative analysis applying a digital mapping model that allowed the generation of a tentative piezometric surface of the incoming aquifers according to pre-established border conditions. Based on this surface, the balance conditions for a stationary situation were inferred. The situations modeled allowed inferring, at a regional level, the flowlines for the free aquifer.

Introducción

La Laguna de Llancanelo se encuentra ubicada en la Provincia de Mendoza en el Departamento Malargüe (Figura 1), fue declarada Reserva Natural por el Gobierno de la Provincia y designada como el sitio Ramsar N° 759 el 8 de noviembre de 1995, cubriendo una superficie de 65.000 ha.

Este humedal por sus especiales características se constituye en un sitio de gran importancia ecológica por la gran cantidad de aves playeras que lo utilizan para sus actividades de reproducción o como sitio de paso en sus migraciones. En este sistema se albergan poblaciones de hasta 150.000 individuos, pertenecientes a 74 especies de aves acuáticas.

Los elevados niveles salinos en sus aguas le confieren características particulares desde el punto de vista hidroquímico y ambiental.

En la parte más distal de la cuenca, a una cota de 1335 m, se encuentra la Laguna de Llancanelo que, junto a toda su área de influencia constituyen una zona de humedal frágil. Es un cuerpo de agua somero, sin desagües, que presenta elevados valores de salinidad como consecuencia de la acumulación por evaporación de las sales de las aguas que hacia ella drenan. La aridez del área produce una alta evaporación con el consecuente aumento de la concentración de sales en este bajo. (Reyna, et al. 2009) (Ver figura 1)

Las distintas actividades antrópicas que se realizan en la zona de influencia de la Laguna y sus cuencas de aporte pueden afectar la dinámica ambiental de este cuerpo. En particular, su cuenca constituye una importante reserva provincial de hidrocarburos y está sujeta actualmente a la explotación petrolera. También se encuentra una planta de tratamiento de uranio cuyos desperdicios son depositados en un basural situado sobre el abanico aluvial del Río Malargüe y del Arroyo Chacal. Esto hace necesario la generación de un Plan de Gestión que, basado en información relevada con base científica, permita elaborar estrategias que permitan lograr la preservación de la Reserva. La caracterización hidrogeoquímica del sistema y la modelación hidrogeológica son parte de esta base científica necesaria

para la correcta gestión que permiten aportar elementos para la modelación ambiental del sistema.

alta precisión. Esto permitió definir en forma precisa el nivel piezométrico de cada uno de ellos y de esta manera determinar el gradiente de ese nivel.

Se realizó también una batimetría de la laguna mediante relevamiento topográfico con Nivel Óptico y regla metálica en el sector medio oeste de la misma, que se complementó con una transecta, con medición de cotas relativas, en el sector medio.

Análisis hidrogeológico general

La Cuenca de agua subterránea de los ríos Malargüe, Atuel y Salado o cuenca de Llanca-nelo limita por el oeste con la Cordillera Principal; hacia el este con los afloramientos terciarios del Bloque de San Rafael; por el sur la cuenca está cerrada por las sierras de Palauco, y por el norte su límite lo determina la presencia de sedimentitas terciarias (DGI, 2004). Dentro de la extensa cuenca en análisis, se distinguen dos sectores claramente diferenciados. Un sector vinculado a los depósitos terciarios y cuaternarios, tanto de piedemonte como aluviales, con su área de aporte superficial en la zona montañosa, y un sector vinculado a las áreas volcánicas. En términos generales, el primero comprende la parte norte de la cuenca y el segundo, la parte sur.

La cuenca subterránea vinculada al sector norte es alimentada en parte por los ríos Atuel, Salado, Malargüe y arroyos menores, además de las infiltraciones que sufren estos cuerpos de agua durante su trayecto. Las infiltraciones de los ríos Atuel y Salado aportan subterráneamente a la cuenca por el extremo noroeste y se producen en la zona de La Junta (ver figura 2).

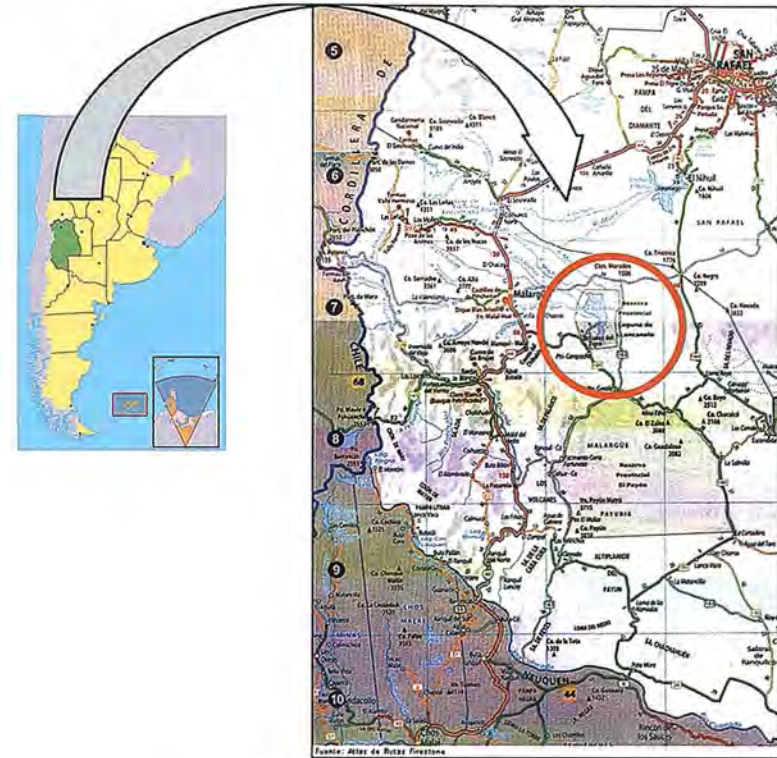


Figura 1: Ubicación de la Laguna Llanca-nelo

En este artículo se presenta parte de las tareas realizadas con el fin de construir el modelo hidrogeológico de la laguna: el análisis cuali-cuantitativo aplicando un modelo de mapeo digital que permitió generar una superficie piezométrica tentativa para los acuíferos de aporte a la laguna, vinculados a condiciones de contorno preestablecidas. En base a esta superficie se infirieron las condiciones de equilibrio para una situación estacionaria.

Se trabajó con material recopilado de base, análisis de Imágenes satelitales de distintas fechas de toma; Cartas del IGM a escala 1:100.000 y 1:250.000; Descripción Geológica de la Hoja 29b, Bardas Blancas; Provincia de Mendoza, Escala 1:200000; y Descripción Geológica de la Hoja 28b, Malargüe, Provincia de Mendoza. Escala 1:200000 (Dessanti, R. N., 1978) y antecedentes provistos por la Provincia de Mendoza sobre la base de trabajos previos realizados en la zona.

Se realizaron también campañas en las cuales se tomaron mediciones de la cota del pelo de agua del nivel freático en una cantidad importante de pozos “de balde”, identificados en la cuenca de aporte directo de la laguna. La cota del pelo de agua de cada uno de los pozos fue vinculada a la cota de terreno natural mediante un sistema de posicionamiento geográfico con cotas absolutas medidas con GPS de

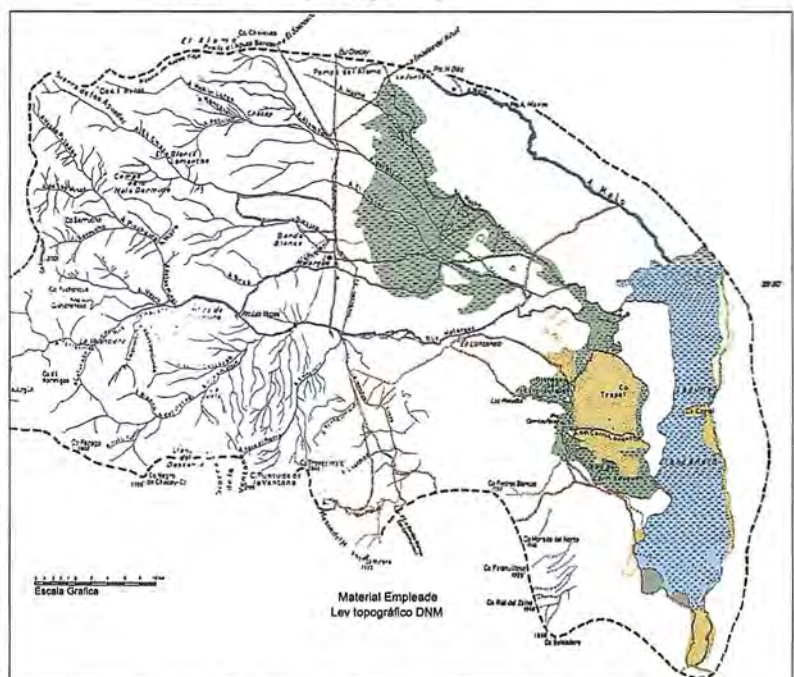


Figura 2: Tributarios a la laguna Llanca-nelo (CFI, 1961)

Con respecto a la cuenca del sector sur, durante el Terciario y el Cuaternario se sufrieron la deposición de materiales sedimentarios y posteriormente la efusión de lavas volcánicas basálticas sobre este substrato. La alternancia de materiales volcánicos con sedimentarios favorece la formación de acuíferos semiconfinados y confinados. Esta alternancia le confiere cierta permeabilidad al sector. Lo que determina la posible existencia de acuíferos confinados y semiconfinados de granulometría gruesa.

En la cuenca hidrogeológica de Llancanelo, el flujo de agua subterránea se desplaza en forma concordante con la topografía del lugar, siguiendo una dirección generalizada oeste-este o noroeste-sureste. Por otro lado, los flujos de agua subterránea provenientes de las pequeñas cuencas sedimentarias del este, se desplazan en cambio, en dirección este-oeste.

Campañas topográficas

El objeto de los estudios topográficos fue georreferenciar los niveles freáticos y de cursos superficiales y laguna para poder realizar el modelo digital y la modelación hidrogeológica.

Para el sistema de apoyo se colocó un Punto Fijo con coordenadas plani-altimétricas en los techos del Hotel RIOMA, de la Ciudad de Malargüe, Mendoza. Este punto fue vinculado a la red Nacional POSGAR'98 del Instituto Geográfico Militar, a través del Punto Fijo MALAR (Malargüe), punto perteneciente también al Sistema CAP (Central Andes Project).

Se empleó como Sistema de Referencia el Sistema Global WGS84 y como marco de referencia se empleó la Red Nacional POSGAR' 98, la proyección utilizada fue una proyección plana cilíndrica transversa de Gauss, sistema de coordenadas Gauss-Krüger en faja 2 (meridiano de contacto W69°).

La determinación de la posición planialtimétrica se realizó empleando tecnología satelital GPS, midiendo en modo estático diferencial. Se empleó equipo GPS geodésico de doble frecuencia L1/L2, marca TRIMBLE modelo 4800 Y 5700. Durante la campaña se tomaron coordenadas de todos los pozos de agua, aguadas, molinos. La cota (altura sobre el nivel del mar) se tomó sobre un punto del brocal, que estaba referenciado previamente con el nivel de la napa freática.

Se tomaron coordenadas y altura sobre el nivel del mar, de todos los cursos de agua que aportan a la laguna de Llancanelo. Se tomaron coordenadas y altura sobre el nivel del mar, de todas las vertientes, manantiales y ojos de agua que confluyen a la Laguna. La altura sobre el nivel del mar fue calculada reduciendo la altura elipsoidal, mediante el empleo del modelo de geoide EGM96 NIMA de la NASA (Agencia Espacial Americana). Sobre este punto fijo del IGM, se realizó un control de altura.

Las mediciones realizadas con GPS geodésico, fueron calculadas mediante el software TGO Trimble Geomatic Office. Mientras que las Transformaciones de coordenadas elipsoidales a planas en la proyección cartográfica mencionada, se llevó a cabo mediante el software GeoCalc 4.0.

Modelación del aporte subterráneo a la laguna de Llancanelo

Dadas las características del tipo de estudio, no fue posible definir de manera fidedigna los límites de la cuenca de aporte subsuperficial ni las características hidrogeológicas de los materiales involucrados. Se sumó a esta dificultad el emplazamiento particular dentro de la región Andina central, con zonas de difícil acceso y poco exploradas. También en lo que refiere a los niveles piezométricos, se requeriría un relevamiento sistemático y ordenado de información en un período prolongado para poder valorar las variaciones estacionales y de mediano plazo. Por estos motivos, se llevó a cabo en primera instancia un análisis cuali-cuantitativo aplicando un modelo de mapeo digital que permitió generar una superficie piezométrica tentativa para los acuíferos de aporte, vinculados a condiciones de contorno preestablecidas. En base a esta superficie se infirieron las condiciones de equilibrio para una situación estacionaria.

En general, los acuíferos en la zona en estudio son alimentados por los ríos Atuel, Salado, Malargüe y arroyos menores, además de infiltraciones de pequeñas lagunas esporádicas que se forman en la zona alta de la cuenca. La recarga se genera por lluvias en cuenca y el derretimiento de nieve a través del Río Malargüe, por lo que el nivel de acumulación de nieve en invierno más las lluvias con sus variaciones propias determinan la fluctuación estacional del volumen del lago (CFI, 1961).

Por estos motivos se consideraron los ríos, arroyos, zonas de recarga y el nivel de la laguna junto a los valores tomados en pozos de observación.

Mapeo de la superficie piezométrica en inmediaciones de la laguna

Se procedió en primera instancia a la interpolación de los valores medidos dentro de la cuenca tanto en pozos de observación, ríos, surgentes y la propia laguna. La utilización de un sistema de mapeo digital de superficie, el programa SURFER, permitió la representación tridimensional (3D) de la proyección superficial, lo que configura un Modelo Numérico del nivel Piezométrico, y permite el trazado y mapeo de isolíneas (equipotenciales). El mapeo requiere de un archivo donde se vuelquen los datos medidos o relevados espacialmente (abscisa, ordenada y cota) y para ello puede utilizarse la hoja de trabajo (worksheet) de SURFER o cualquier planilla de cálculo, eligiéndose en este caso Excel, la cual tiene un formato compatible con el programa.

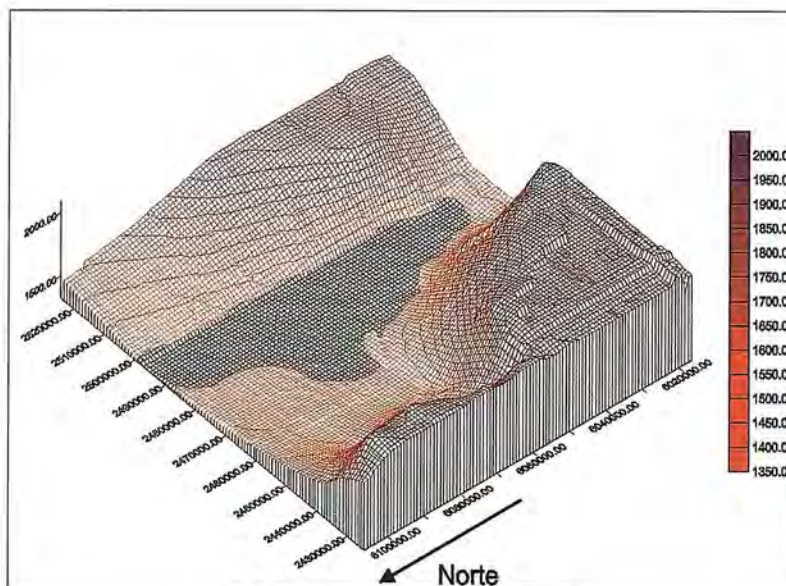


Figura 3: Modelo digital del terreno

Cada uno de los métodos de interpolación: Inverso de la distancia, Kriging, Regresión polinómica o Curvatura mínima, puede arrojar diferentes resultados y se considera mejor aquel que permita reproducir la realidad visible. Para este trabajo se eligió el Kriging por ser uno de los más flexibles y eficaces para cualquier serie de datos, y ser de amplia difusión en los modelos hidrogeológicos. Se basa en el reconocimiento de que la variación espacial de cualquier propiedad geológica, edáfica o hidrológica es muy irregular y variable como para ser modelada por una función matemática que "suavice" los resultados, por lo que puede ser mejor descrita por una superficie estocástica.

En la figura 3 se presenta el modelo digital del terreno generado sobre la totalidad de la cuenca, donde se aprecia con facilidad la la-

guna y las zonas de aporte próximas y distantes.

A continuación se generó el plano de equipotenciales correspondientes a los niveles del acuífero libre y la representación tridimensional de las mismas como pueden observarse en la Figura 4.

Con este plano en planta superpuesto a la imagen satelital, y mediante consideraciones hidrogeológicas, se definieron las zonas de exclusión para el flujo subterráneo (Figura 5). Para el estudio se consideró la temporada estival, situación en que la laguna se encuentra en su máximo nivel.

Conclusiones

La generación de modelos hidrológicos e hidrogeológicos que describan el comporta-

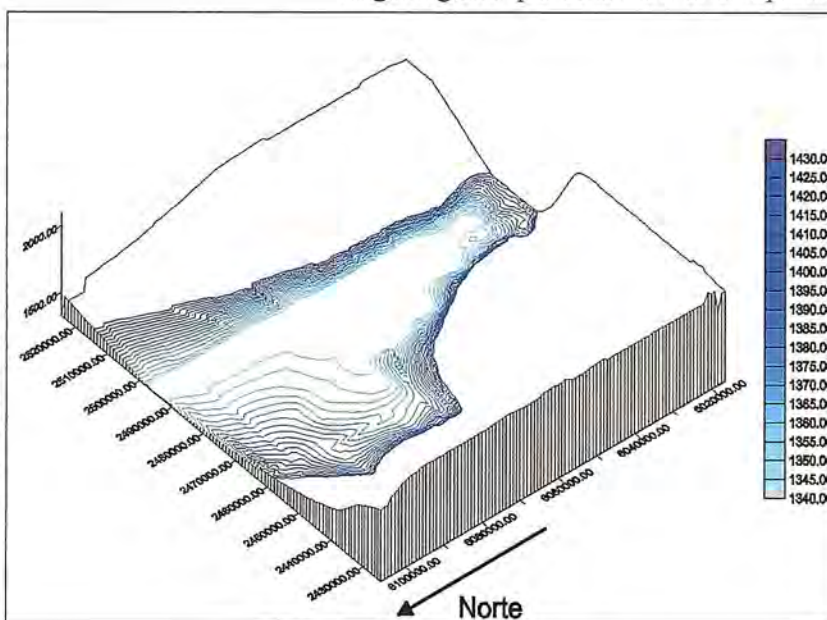


Figura 4: Equipotenciales de niveles del acuífero libre



Figura 5: Zonas de exclusión para el flujo subterráneo

miento de sistemas frágiles y vulnerables como el estudiado, donde las distintas actividades antrópicas que se realizan en la zona pueden afectar la dinámica ambiental del sistema, son claves para cualquier plan de manejo ambiental, tanto por su función descriptiva como predictiva.

La aplicación de herramientas de modelos digitales fueron fundamentales para la ejecución de la modelación hidrogeológica de la Laguna Llancañelo, dadas las características particulares de la región en estudio (zonas de difícil acceso y poco exploradas).

Estas herramientas permitieron generar una superficie piezométrica tentativa para los acuíferos de aporte, vinculados a condiciones de

contorno preestablecidas. En base a esta superficie se infirieron las condiciones de equilibrio para una situación estacionaria.

Además esta información sirve de base para estudiar la magnitud de los posibles efectos a que se vería sometido el sistema de la laguna en caso de producirse volcamientos accidentales en los pozos de explotación petrolera existentes en la zona.

Sin embargo es evidente la necesidad de relevamientos sistemáticos y ordenados de los niveles piezométricos para poder valorar las variaciones estacionales y de mediano plazo. Además, como ya se mencionó, dado que esta cuenca constituye una importante reserva provincial de hidrocarburos sujeta actualmente a la explotación petrolera y al hecho de que se encuentra una planta de tratamiento de uranio cuyos desperdicios son depositados en un basural situado sobre el abanico aluvial del Río Malargüe y del Arroyo Chacal; se hace necesario la generación de un Plan de Gestión que, basado en información relevada con base científica, permita elaborar estrategias que permitan lograr la preservación de la Reserva.

Referencias

Consejo Federal de Inversiones, CFI. *Recursos Hidráulicos Superficiales. Serie Evaluación de los Recursos Naturales de la Argentina (Primera Etapa), Tomo IV, Volumen 2.* Buenos Aires. 1962.

Departamento General de Irrigación, DGI. (2004). *Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen VI: Cuenca del Río Malargüe. Proyecto PNUD-FAO-ARG/00/008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Gobierno de Mendoza.*

Dessanti, R. N. (1978) *Descripción Geológica de la Hoja 28b, Malargüe. Provincia de Mendoza. Escala 1:200000.*

Misión Ramsar de Asesoramiento (2002). *Informe de Misión Ramsar de asesoramiento. Sitio Ramsar Laguna de Llanquanelo. Malargüe. Mendoza. Suiza.*

Reyna, S.; Reyna, T.; Pesci, H.; Lábaque, M.; Murialdo, R.; Reyna, E.; Fulginiti, F. (2009)

Estudios Hidrogeológicos y Ambientales - Laguna Llanquanelo – Mendoza. VI Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano - Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

NOTICIAS

Alfresco ofrece una plataforma ECM de próxima generación para Composite Content Applications

La primera solución compatible con CMIS amplía la integración con IBM/Lotus, Microsoft Outlook, Google Docs y Drupal

Mientras los servicios CMIS (servicios de interoperabilidad con gestión de contenidos) los servicios en la nube y la globalización del mercado han provocado que algunos proveedores tengan dificultades para determinar el futuro de la gestión de contenido empresarial (ECM), Alfresco Software presenta Alfresco Enterprise Edition 3.3 como la plataforma para “Composite Content Applications”, que redefinirá el modo en el que las organizaciones se acercan a la ECM. Como primera aplicación CMIS compatible con software comercial que ofrece integraciones con software social de IBM/Lotus, Microsoft Outlook, Google Docs y Drupal, Alfresco Enterprise 3.3 se convierte en la primera plataforma de servicios de contenidos que cuenta con las características, flexibilidad y

asequibilidad necesarias en toda la organización.

“Ahora mismo nos enfrentamos a una ‘tormenta perfecta’ de problemas y convulsiones en el sector de la ECM: la computación en la nube y el código abierto suponen un desafío para los proveedores tradicionales de ECM, el estándar CMIS acelerará la aceptación a gran escala y la demografía de los usuarios está cambiando el modo de trabajar de las personas. Los directores de informática caen en la cuenta de que las antiguas y monolíticas aplicaciones de ECM no son capaces de resolver las necesidades actuales de gestión de contenidos y buscan plataformas alternativas y flexibles que se adapten a sus arquitecturas corporativas”, declara John Newton, cofundador de Alfresco y di-

rector tecnológico. “La última serie de Alfresco Enterprise extiende los servicios de contenidos de la plataforma y permite a las empresas desplegar “Composite Content Applications” que sustenten sus requerimientos comerciales”.

Alfresco Enterprise 3.3 es el único sistema de ECM actual que da una solución global a los requisitos actuales de gestión de contenidos del sector, y ofrece:

Un entorno de desarrollo rápido y sencillo compatible con nuevas aplicaciones comerciales;

Opciones flexibles de despliegue que permiten que las aplicaciones de contenidos se puedan aplicar localmente, en la nube o en la Web;

Interoperabilidad entre aplicaciones comerciales gracias a estándares y código abiertos;

Capacidad para enlazar datos, contenidos, procesos comerciales y contextos; y,

Un medio de gestionar los costes corrientes y reducir la inversión de capital.

Evolución de las capacidades actuales de gestión de contenidos gracias a una plataforma para Composite Applications

Alfresco Content Application Server en Enterprise 3.3 ofrece una plataforma sólida y escalable que permite a las empresas construir y desplegar aplicaciones compuestas ricas en contenidos que perdurarán en el tiempo. Alfresco ofrece a las organizaciones que busquen una plataforma que ofrezca servicios de contenidos completos capaz de solucionar los requisitos actuales de un sector en constante cambio:

Creación de aplicaciones de contenidos duraderas mediante CMIS: con la primera y más completa aplicación del estándar CMIS, Alfresco permite ahora que las empresas creen nuevas aplicaciones basadas en contenidos sin dejar de ofrecer la seguridad de la plataforma de servicios más abierta, flexible y duradera.

Rediseño de contenidos para múltiples canales de entrega: los servicios avanzados de formateo de contenido y de transformación permiten a las organizaciones rediseñar sin esfuerzo los contenidos para entregarlos a través de múltiples canales (Web, smartphones, iPad, impresoras, etc.).

Mejora en la gestión de proyectos con colaboración de contenidos: la nueva función de lista de datos sirve para realizar un seguimiento de proyectos relacionados, tareas pendientes, acciones y tareas como complemento a los sistemas actuales de comentarios, etiquetado social, discusiones y sitios de proyecto.

Despliegue de contenidos mediante servicios de réplica: las empresas pue-

den replicar y desplegar contenidos y la información relacionada entre plataformas. Gracias a potentes servicios de copia, los usuarios pueden desarrollar y desplegar contenidos fuera del cortafuegos, hasta exploradores Web y en la nube.

Desarrollo de nuevas estructuras mediante Spring Surf: Spring Surf ofrece una estructura modificable para el desarrollo de nuevas aplicaciones ricas en contenidos basadas en SpringSource, el líder en infraestructuras Java usadas para crear estas aplicaciones.

"Alfresco ofrece a los usuarios una plataforma con servicios de contenidos sólidos. La arquitectura abierta de Alfresco ha permitido a Micro Strategies desarrollar rápidamente aplicaciones adaptadas a los procesos comerciales de nuestros clientes, como Church Pension Group y Molecular NeuroImaging (MNI), con una fracción del coste de las soluciones de ECM tradicionales", declara Adam Storch, vicepresidente de Soluciones comerciales, Micro Strategies Inc.

"La combinación del servidor de aplicaciones de contenido de Alfresco y CMIS proporciona una plataforma perfecta para desarrollar aplicaciones de contenido móvil. Zia Consulting han construido los clientes móviles para el iPhone, iPad y Android, permitiendo a los trabajadores móviles acceder a contenidos independientemente de la ubicación ", comenta Mike Mahon, Presidente, Zia Consulting, Inc.

Extensión de servicios de contenidos para aplicaciones del usuario final

Los servicios de contenidos de Alfresco ofrecen a los usuarios herramientas como reglas de contenido, acciones, comentarios, metadatos, retención y etiquetado. Diseñado para fomentar la adopción en toda la organización, aumentar la productividad y facilitar el acceso de los usuarios a servicios de contenidos con independencia de la aplicación de software, Alfresco ofrece servicios de contenidos para:

IBM Lotus: la integración entre productos de software de Alfresco e IBM Lotus (Lotus Quickr™, Lotus Connections™ y Lotus Notes™) ofrece un sistema de ECM ligero y desplegable para los productos de colaboración social de Lotus con funcionalidad certificada de gestión de registros y de despliegue de computación en la nube.

Microsoft Outlook Calendar: los usuarios podrán crear automáticamente sitios de colaboración de Alfresco Share compatibles con reuniones desde Outlook, con un espacio de trabajo para realizar el seguimiento de contenidos relativos a las reuniones (horas, informes, etc.), listas de datos, series de discusión y wikis de proyectos.

Drupal: la integración de Drupal y Alfresco ofrece sólidos servicios CMIS de gestión de contenidos combinados con la fuerza de la plataforma de edición social de Drupal.

Google Docs: la integración de Alfresco con Google Docs ofrece a los usuarios plenas capacidades de edición en línea, eliminando la necesidad de usar aplicaciones ofimáticas, como Microsoft Office™, para modificar o actualizar los contenidos. A partir de junio estará disponible la integración con Google Docs en Alfresco Enterprise.

"Las empresas muestran cada vez más interés por el uso de los servicios de contenidos de Alfresco para la gestión de contenidos publicados mediante una interfaz Drupal, que integran características de comercio electrónico y comunitarias basadas en Drupal. El nuevo estándar CMIS ha simplificado el desarrollo de la integración entre Alfresco y Drupal", según declaraciones de Arnold Leung, presidente ejecutivo de Appnovation Technologies.

"Hemos satisfecho una necesidad vital del cliente al integrar una plataforma de ECM de apoyo abierta y de fácil despliegue en la suite de colaboración social de Lotus", declara Jeff Schick, vicepresidente de IBM Social Computing Software.

Sectormodel, herramienta SIG desarrollada para la empresa de acueducto y alcantarillado aguas de La Habana

Yoany Sánchez Cruz, Empresa Aguas de La Habana S.A.

Dirección técnica, Subdirección de Sistemas de Planeación, departamento GIS. Fomento y Recreo

Resumen

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado Aguas de La Habana cuenta con un Departamento Gis (por sus siglas en inglés) para la gestión de los recursos hídricos, en el cual se trabaja en pos del desarrollo y de la toma de decisiones mediante los elementos que los SIG representan. En la medida en que se logre una integración entre la toma de decisiones técnicas y las herramientas SIG, se ganará en eficiencia y calidad de los servicios, así como en confiabilidad de las decisiones tomadas.

Se desarrolla la herramienta SectorModel para el trabajo con los Sectores Hidráulicos instaurados en la Empresa por el Departamento de Sectorización y Modelos. El SectorModel integra toda la información alfanumérica y gráfica tanto cartográfica como de los elementos hidráulicos para análisis y toma de decisiones técnicas mediante una consulta SQL a uno de los atributos de cualquiera de los temas implicados.

Palabras claves: Sistemas de Información Geográfica (SIG). Sector Hidráulico. Información Alfanumérica. Información Gráfica.

Abstract

The drains and aqueduct Company Aguas de la Habana has a GIS (according to its acronyms in English) Department for the management of water resources. In this department the work is devoted to the development and the process of decision taking thorough the elements that GIS represent. The more integration between the technical decision taking process and the GIS tools is achieved, the more efficiency and quality of the services, as well as reliability on the decisions taken, will be gained.

The SectorModel tool is developed for the work with the Water Sectors determined in the Company by the Sectorization and Models Department. The SectorModel integrates all the alphanumeric and graphic information, either cartographic or of the water elements for the analysis and the decision taking process through an SQL consult to one of the attributes that belong to any of the implied topics.

Key words: Geographic Information Systems (GIS). Water Sector. Alphanumeric. Information. Graphic Information.

Introducción

Aguas de La Habana, Empresa gestora de la actividad de acueducto y alcantarillado de la mayor parte de los municipios de la Capital cubana, tiene a su haber una notoria experiencia en el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la gestión de los recursos hídricos; en el mismo se trabaja no solo para brindar la información de redes actualizada y georeferenciada, sino para lograr que cada uno de los departamentos técnicos vean en las herramientas Gis un punto de partida para tomar decisiones de considerable envergadura.

Los Modelos parametrizados desarrollados en un SIG, brindan grandes ventajas a la hora de esquematizar procesos y simular con datos hipotéticos como sería la situación si se cambia un elemento determinado; sobre esta base se realiza la presente investigación. Dicha herramienta, además de tener un carácter Corporativo, por las posibles ventajas que tiene en el entorno empresarial, pudiera aplicarse en investigaciones asociadas al estudio del Manejo de los Recursos Hídricos en general. Se brinda el SectorModel como herramienta para el trabajo con los Sectores Hidráulicos instaurados en La Empresa Aguas de La Habana por el Departamento de Sectorización y Modelos.

Objetivo Fundamental:

1. Crear una herramienta capaz de procesar de manera integrada todos los elementos tanto cartográficos como hidráulicos que comprenden de forma conceptual a un Sector Hidráulico dando salidas gráficas y alfanuméricas.

Objetivos Específicos:

1. Constatar el uso de constructores de modelos mediante una búsqueda bibliográfica en tareas de parametrización de procesos con fines específicos en el caso del manejo de los Recursos Hídricos.

¿Por qué usar un constructor de modelos?

El propósito de esta interfaz es proveer una herramienta de análisis que recoja las herramientas de geoprocésamiento y poder hacer modelos que puedan ser usados en múltiples ocasiones (Santiago, Iván, 2005).

Su uso proporciona un conjunto de herramientas potentes para el modelado y análisis espacial. Desde modelar el

riesgo de un fuego arrasador hasta encontrar la ruta más corta para una línea de utilidad, localizar una cima apropiada para colocar una torre de comunicación (<http://www.inter.gob.ni>).

Los modelos son importantes pues permiten ver con claridad cómo se procesa gráficamente la información. Aunque este concepto no es nuevo, es muy útil para separar, entre procesos, flujo de información y resultados intermedios; permitiendo esto borrar datos intermedios que a menudo se olvidan provocando entonces que se falsee el resultado final.

En caso de modificación, se puede volver a correr cambiando cualquiera de las entradas, lo cual trae eficiencia en el trabajo y seguridad en los resultados al automatizar un conjunto de procedimientos. Se dice que son "reciclables" al poder utilizarlos una y otra vez. Es posible entonces hacer cambios en los parámetros y producir distintos escenarios, o sea, utilizarlos como elementos de predicción, lo cual, asociado a las características de georeferenciación de los SIG, le confieren un carácter de suma confiabilidad y certeza en los resultados (González Vicente, José Luis; 2008).

Esta herramienta es práctica, de poca rigidez y factible para la identificación de áreas prioritarias para el manejo del agua por medio del Análisis Multicriterio. Igualmente, puede ser utilizada como herramienta de modelaje para la toma de decisiones de estrategias de manejo y recuperación de las cuencas, así como herramienta de monitoreo (Sánchez, Karla; 2002).

El Modelaje, es una opción viable en su ejecución; un profesional competente con conocimientos básicos en las herramientas de trabajo GIS, es apto para llevar a cabo el modelo, disminuyendo tiempo y costos en la captación de personal encargado en el desarrollo de las diferentes etapas de investigación (Sánchez, Karla; 2002).

Un ejemplo del uso de tal herramienta para el manejo integrado de recursos hídricos lo presenta Sánchez Karla, 2002, en su tesis en opción al grado de Máster en Ciencias del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza de Costa Rica: "Metodología de Análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo del Recurso Hídrico en la Cuenca del río Sarapique, Costa Rica". El objetivo de la investigación se centró en desarrollar una Metodología de Análisis multicriterio utilizando un SIG de la Cuenca en cuestión con el fin de aportar elementos de ayuda a la conservación del agua. Los resultados fueron sorprendentes y la salida de mapas temáticos contribuyó al manejo racional de los recursos.

Otra investigación de Puerto Rico centra sus objetivos en la delimitación empírica de áreas prioritarias para el manejo del recurso hídrico (Birkel Dostal, Christian; 2007).

Este trabajo presenta una metodología empírica para delimitar zonas prioritarias para las estrategias que se deben

implementar en un plan de manejo para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico. La metodología aplicada se basa en el concepto de la presión humana sobre el recurso hídrico propuesta por la Unión Europea (2000) y Eisele et al. (2003) para determinar una zonificación de áreas prioritarias de acuerdo al uso actual de la tierra, pendientes, uso de agua, hidrogeología, ámbito legal y densidad de la población; todo esto usando las herramientas del modelaje en los SIG.

El Sectormodel, una herramienta para agilizar e integrar la salida de datos del departamento gis para los especialistas del departamento de sectorización y modelos de la empresa aguas de La Habana

Problema de la investigación

El Departamento GIS cuenta en su base de datos con una serie de informaciones alfanuméricas de imprescindible utilización para el Departamento de Sectorización y Modelos en sus tareas cotidianas. Al hacer algún tipo de consulta, desde la más elemental hasta la más complicada en cuanto a nivel de precisión, tanto el especialista de Sectorización, como el del GIS, requerían de un tiempo prudencial tanto en análisis como en trabajo propiamente dicho. Se hizo necesario entonces pensar en una herramienta capaz de procesar un cúmulo de información considerable centralizando la consulta de una forma sencilla y rápida haciendo para el operador más fácil y seguro obtener el resultado final.

Solución encontrada

Ante todo se debe explicar conceptualmente que es un Sector Hidráulico y cuál es su principal función dentro de una Empresa de Acueducto.

La sectorización es una técnica que consiste en la división de una red en varias subredes más pequeñas, con el objetivo fundamental de realizar un control y gestión más eficiente de la red donde cada subsector denominado sector, constituirá una unidad de distribución, y estará caracterizada por presentar un contorno permanente y definido, encontrándose aislada del resto de la red mediante válvulas de corte. En el caso de que se disponga de medidores de caudal en cada uno de los puntos de entrada del sector, al mismo se le denomina Distrito Hidrométrico ó DH. (García Carrasco y otros 2004).

De igual manera, la utilización de distritos hidrométricos puede suponer los siguientes costos y beneficios.

Beneficios:

- Capacidad para llevar a cabo una gestión de la presión.
- Mejorar el conocimiento de la red.
- Mejorar la gestión de la red para el control de incidentes y la determinación de las causas que los generan.
- Incrementar la eficiencia de la detección de fugas, resultando en unos menores niveles de fugas y menores cos-

tos de detección. Este beneficio constituye el principal motivo de implantación de los DH.

Se hace vital entonces conocer cada uno de los elementos que conforman al Sector Hidráulico para poder tomar decisiones funcionales de una manera correcta.

El SectorModel permite realizar una consulta con salida gráfica y alfanumérica a los temas de cada Sector Hidráulico de la Empresa Aguas de La Habana mediante los campos de la Tabla de Atributos del Layer Sectores.shp como archivo de entrada fundamental y a cualquiera de los demás layers existentes en el Modelo utilizando una expresión SQL. Está dirigido fundamentalmente al Departamento de Sectorización y Modelos de la Sub Dirección de Sistemas de Planeación en la Dirección Técnica de la Empresa Aguas de La Habana aunque es viable también para cualquier Departamento y/o Institución cuyo interés sea analizar de forma integrada y conceptual los elementos hidráulicos y cartográficos que engloban a un Sector Hidráulico determinado.

Información que agrupa el Modelo:

1. Cartografía Base (C_Base_Sector.shp).
2. Nombre de calles (N_Calle_Sector.shp).
3. Número de policía (N_Pol_Sector.shp).
4. Polígono del Sector (Polig_Sector.shp).
5. Válvulas de Manipulación (Valv_Manip_Sector.shp).
6. Tramo de tubería (Tram_Tub_Sector.shp).
7. Válvula de seccionamiento (Valv_sec_Sector.shp).
8. Medidores de Caudal (Medi_cau_Sector.shp).

Discusión y valoración de hallazgos

En esta investigación se corrobora la utilización de modelos parametrizados con sus herramientas asociadas de geoprocésamiento no solo para el análisis multicriterio de recursos, sino también para la salida de una forma rápida y confiable de informaciones importantes en un ámbito empresarial donde se ha apostado por la implantación de la tecnología SIG.

Es cierto que esta tecnología es sumamente costosa en cuanto a infraestructura informática y de nivelación para el personal se refiere, por ende, hay que justificarla muy bien para ser implantada, ésta, la veracidad y rapidez con la cual se puede contar con una información de suma importancia, es de hecho, una de las ventajas fundamentales que tiene para una red Corporativa.

Conclusiones

La utilidad de los modelos parametrizados para el manejo de información dentro del Departamento Gis puede ser una solución para generar salidas de una manera más rápida y eficiente. De igual manera puede ser utilizada como herramienta para el desarrollo de Tesis de Maestría

y trabajos de investigación donde se requiera de un SIG para la complementación de una determinada conclusión. Es aplicable no solo al ámbito Empresarial, sino a todas aquellas instituciones que de una forma u otra manejen información georeferenciada por los beneficios antes expuestos y argumentados.

En el caso del SectorModel, este brinda resultados confiables en un menor tiempo y de una manera más general. Engloba una serie de información que anteriormente debía ser obtenida paso por paso, evitando así equivocaciones intermedias.

Referencias

1. Aprender ArcGIS 9 Spatial Analyst por ESRI Consultado en el sitio web: <http://www.inter.gob.ni> (12 de mayo 2010).
2. Birkel Dostal, Ch., 2007 "Delimitación empírica de áreas prioritarias para el manejo del recurso hídrico en Costa Rica", Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica; publicado en Rev. Reflexiones 86 (2): 39-49, ISSN: 1021-1209 / 2007.
3. Eisele, M.; A. Steinbrich; A. Hildebrand y C. Leibundgut. 2003. "The significance of hydrological criteria for the assessment of the ecological quality in river basins". Tesis para obtener el grado doctoral de la Universidad de Friburgo, Alemania (sin publicar).
4. García Carrasco V. y García -Serra García J., 2004. Evaluación y control de fugas mediante la sectorización y la gestión de la presión. Sección 17 de Evaluación y Control de pérdidas de agua en redes urbanas.
5. Gonzáles Vicente, J. L.; Chang Behm, V., 2008. "Consulta, Edición y Análisis Espacial con ArcGis 9.2", Tomo I: "Teoría", Tomo II: "Manual de Ejercicios"; Consejería de Medio Ambiente, Junta de Castilla y León.
6. Sánchez Campo, K., 2002. "Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo del recurso hídrico en la cuenca del Río Sarapiquí, Costa Rica"; Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar al grado de Magister Scientiae; Turrialba, Costa Rica.
7. Santiago, I. Noviembre 22 del 2005 "Fundamentos de ArcGis Versión ArcView 9.1", Tutorial: "Teoría", Tutorial: "Ejercicios"; Área de Tecnologías de Información Gubernamental, Oficina de Gerencia y Presupuesto; Versión 1; Puerto Rico.

8. Unión Europea. 2000. "Directive of the European Parliament and the European Council for the creation of a framework for measures of the Union in the area of water policy". Official publications of the European Union, L327.

Análisis de los cambios de uso de suelo en la cuenca Guayalejo-Tamesí (Tamaulipas, México) en tres décadas de información digital

Lara Requena, Glenda N., Universidad de Sevilla, Universidad Autónoma de Tamaulipas
Rafael Cámara Artigas, Universidad de Sevilla
Silvia Casas González, Universidad Autónoma de Tamaulipas

Resumen

La Cuenca Guayalejo-Tamesí ocupa una superficie de casi un millón y medio de hectáreas al sur del estado mexicano de Tamaulipas. Presenta una alta riqueza biológica debido a que se ubica en la zona de transición entre ecosistemas holoárticos y neotropicales, su vecindad con el Golfo de México y la diferencia de pendientes y alturas de la Sierra Madre Oriental. Estas mismas características le permiten sustentar un importante abanico de actividades económicas, que van desde cultivo de caña de azúcar hasta industria química y petroquímica.

Para tener una idea de cómo ha evolucionado el uso de suelo en la región, se construyó, a través de un Sistema de Información Geográfica, un indicador ambiental que permite clasificar los cambios y permanencias de la cobertura del suelo utilizando cartas digitales de 1976, 2000 y su actualización a 2008. Para ello, se actualizó la carta digital de cobertura de vegetación y uso del suelo 2001, a partir de cartografía proporcionada por organismos oficiales, y basándose tanto en estudios previos de cambio de uso de suelo, cartografía digital de otros aspectos del terreno y apoyo visual con imágenes de satélite LANDSAT ETM+ y las disponibles gratuitamente a través del visualizador Google Earth beta®.

El indicador construido aporta un panorama claro de la dinámica de la vegetación y el uso de suelo presentes en la cuenca. Permite visualizar en dónde se ha estado degradando la vegetación natural y dónde se ha estado conservando, así como lo que ha sucedido con el avance de la frontera agrícola. El apoyarse tanto en cartografía antigua contrastada con la reciente, aunado al uso de tecnología y material digital disponibles en Internet, se abre la posibilidad de analizar a bajo coste las estrategias adecuadas para la preservación y el uso sustentable del suelo y los recursos naturales presentes en terrenos de países en vías de desarrollo, como lo es la Cuenca Guayalejo-Tamesí.

Palabras clave: Cuenca Guayalejo-Tamesí, Cambio de Uso de Suelo 1976-2008, Cartas Digitales de INEGI y UNAM, visualizador de Google Earth™

Abstract

The Guayalejo-Tamesí Basin has 1.5 million of hectares at Tamaulipas, a northeastern state of Mexico. There is a high biological richness because it is located at the transition zone between Holoartic and Neotropical ecosystems, over the Sierra Madre Oriental's slope gradient near to the Gulf of Mexico. Those characteristics make available the support of a wide range of different economic activities: sugar cane and other crops, and industries like chemical and petrochemical.

We need to know how the land-use has evolved at this zone, so we built with a GIS an environmental indicator that permits classify the change and remain of the land-cover; using digital charts of 1976, 2000 and a 2008 actualization. We used the cartography from official agencies as the basis for the 2008 actualization of the vegetation and land-use digital chart; furthermore, we used previous analysis of land-use change, digital cartography of another land's elements, and a visual analysis of LANDSAT ETM+ imagery and others available with the Google Earth beta® viewer.

The Land-use change indicator gives us a clear view of the vegetation and land-use evolution at the Basin. It permits us to watch where the diminishing of natural vegetation is, or where well conserved ecosystems are, or where and how the agricultural border is changing. Is possible the low cost analysis of the suitable strategies for the natural resources conservation and sustainable land use of this developing country basin, if we take advantage of the use of old cartography contrasting the more recent, and using technology and free digital imagery from Internet.

Keywords: Guayalejo-Tamesí basin, Land-use change 1976-2008, INEGI and UNAM Digital charts, Google Earth™ viewer.

Introducción

La cuenca Guayalejo-Tamesí (CGT) se ubica al sur de Tamaulipas (Figura 1), estado fronterizo del noreste mexicano. Ocupa casi 1.5 millones de hectáreas en terrenos de 20 municipios; algunos de ellos contenidos totalmente en la cuenca, pero la mayoría sólo con porciones que van

desde menos de 1%. Sus condiciones ecogeográficas derivan de su ubicación sobre el Trópico de Cáncer en vecindad con el Golfo de México y de un gradiente de alturas que pasa de 0 a 3,540 msnm en una distancia longitudinal SE-NW de poco más de 200 Km.

Presenta una alta variedad de climas (15 tipos y subtipos de los grupos cálidos, secos y templados, según la clasificación de Köppen modificada por García en 1982) y suelos (22 según la clasificación de FAO de 1990), así como una importante producción de agua (el río Guayalejo le aporta el 30% al Río Pánuco, el quinto en importancia en cuanto a volumen escurrido en territorio mexicano). Perteneció a dos Provincias Fisiográficas, la de la Sierra Madre Oriental y de la Llanura Costera del Golfo Norte; por lo tanto, en el 35% de la cuenca los terrenos son de serranía, el 30% de tipo llanura, el 16% a bajadas y el resto a lomeríos, valles y mesetas. Resultado de la conjunción de estos factores, manifiesta una significativa variedad de ecosistemas, propios de ecosistemas holoárticos y neotropicales, presentando 21 de las 24 coberturas de suelo que el Inventario Nacional Forestal registró para Tamaulipas en el año 2000.

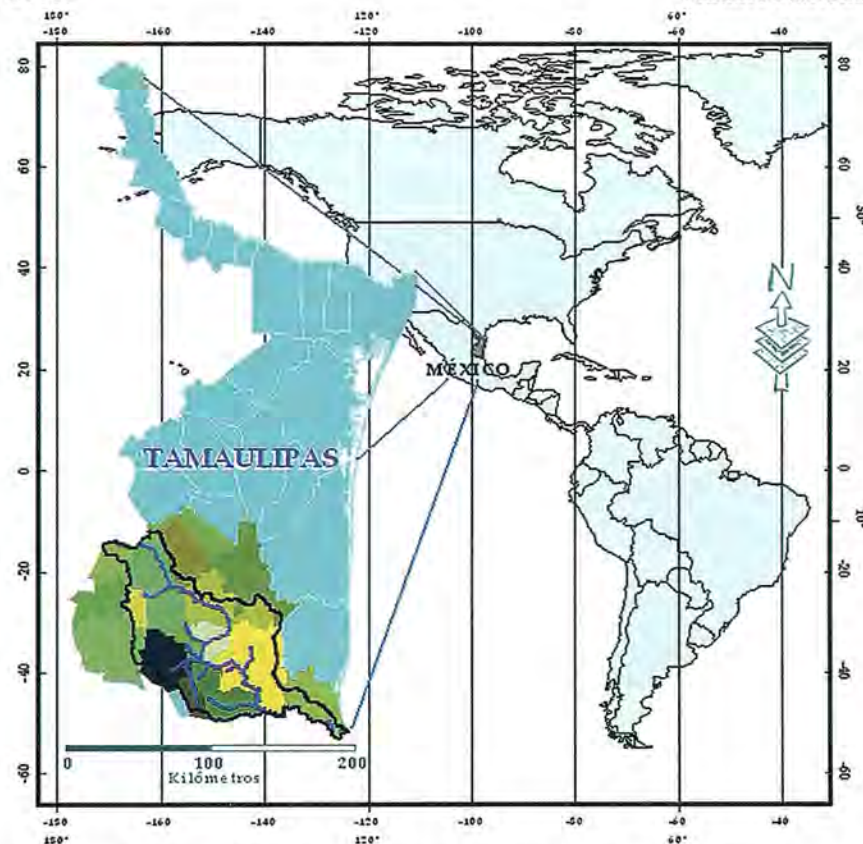


Figura 1. Ubicación de la cuenca Guayalejo-Tamesí y Tamaulipas (fuente: elaboración propia)

Los estudios de vegetación y uso de suelo con medios digitales en la Cuenca Guayalejo-Tamesí iniciaron a través de conjuntos de datos generados por el INEGI. Este organismo elaboró una cartografía semi-detallada a nivel nacional, a escala 1:250,000, que fue basada en la interpretación de fotografía aérea datada entre 1968 y 1986, así como en un trabajo de campo detallado que duró varios años para producir finalmente 121 cartas analógi-

cas. Esta información fue digitalizada por el INE y por la UNAM y la base de datos se considera de 1976 por ser el promedio del rango de la fotografía aérea utilizado. Esta cartografía es denominada "Serie I" de vegetación y uso del suelo por el INEGI. El territorio de la CGT se integra con 1283 polígonos clasificados en 49 categorías de diferentes usos de suelo y vegetación.

Con la adquisición de imágenes Landsat TM de 1993, el INEGI actualizó la Serie I a Serie II mediante análisis visual del conjunto de imágenes y apoyándose en un trabajo de campo de menor intensidad que el de la cartografía inicial. Aunque esta nueva base de datos contiene información adicional de rasgos de erosión, presenta un notorio 75% de descenso en el número de polígonos que contiene la CGT. Usando las mismas imágenes, en 1994 la UNAM actualizó la Serie I del INEGI para áreas forestales, usando la clasificación de la FAO, por lo que algunas categorías resultan confusas comparadas con las del INEGI.

La actualización de la Serie II realizada por la UNAM en coordinación con el INEGI dio como resultado el Inventario Nacional Forestal (INF) 2000, esta vez con el análisis de imágenes LANDSAT ETM+ de 1999 a 2000. En este caso se usaron 75 categorías para la clasificación de los polígonos, resultado de la simplificación del sistema usado por el INEGI; de estas categorías, la CGT contiene 36 que agrupan 856 polígonos.

En 2001, la UAT elaboró un Diagnóstico Ecológico para el Estado de Tamaulipas, dentro del cual se utilizó la cartografía de la Serie I del INEGI y la del INF, que fueron reclasificadas para homogenizar criterios de ambas cartas y facilitar el análisis de dinámica en la cobertura de uso del suelo.

La Serie III del INEGI fue publicada en 2005, y consiste de la actualización de la Serie II con imágenes LANDSAT ETM7+ de 2002. Esta última está siendo actualizada a la Serie IV, en proceso de publicación, y siendo esta vez elaborada con base en imágenes multiespectrales SPOT de 2007 (de 10m de resolución espacial) y trabajo de campo, por lo que se espera una mayor precisión temática y espacial respecto a las series anteriores (Victoria, et al., 2009).

Las cartas digitales del INEGI de 1976 y de la UNAM de 2000 fueron utilizadas por Requena (2007) para particularizar el estudio de dinámica del uso del suelo 1976-2008 hacia la CGT, excluyendo la Serie II del INEGI por la significativa diferencia entre polígonos que componen el territorio estudiado. Para esa fecha, ya se había publicado la Serie III del INEGI, pero el análisis para el estudio

de Requena (2007) ya había sido concluido. De este análisis, además de obtenerse una clasificación de los cambios y permanencias en la vegetación y el uso del suelo, se hicieron notables algunas inconsistencias en las cartas; estas consistieron tanto en diferencias de criterios al clasificar los registros en las cartas digitales, como los errores en dicha clasificación.

La información Geoespacial generada permite un análisis multitemporal que fue desarrollado en el presente trabajo con el objetivo de obtener un análisis de la dinámica en la cobertura del suelo de la CGT, apoyándose en tecnología y material geoespacial disponible de forma gratuita en Internet.

Metodología

El mapa de vegetación y uso de suelo actual fue elaborado a partir de las cartas digitales disponibles (INEGI, UNAM) de 1976, 2000 y 2003, utilizadas comparativamente como base para la corrección en la clasificación de los registros. Para su actualización a 2008, los polígonos en el mapa digital fueron modificados y reclasificados, con apoyo en el análisis visual de imágenes satelitales en colores reales y procesadas con filtros (combinación RGB con bandas 2, 3, 4 para LANDSAT), de los satélites MODIS y LANDSAT (MSS y ETM+), y mejoras tridi-

ello, se partió de la Tipificación del Cambio de Uso de Suelo 1976-2000 elaborada por Requena (2007), enfocándose en los errores entre cartas identificados en ese trabajo, contenidos en las clases denominadas “Problemas de Identificación” y “Cambio de Criterio”.

Para seleccionar la clase más adecuada de cada polígono en cuestión, se utilizaron criterios ecogeográficos, tomando en cuenta básicamente su ubicación, altitud sobre el nivel del mar, pendiente (con el mapa de pendientes y el visualizador del Google Earth beta® en línea), tipo de suelos (carta edafológica) y su relación con los polígonos próximos. Por ejemplo, la selva baja caducifolia se distribuye en la región máximo hasta 950 msnm, por lo que un polígono ubicado a mucha mayor altitud no será de esta selva; o bien, como se observa en la Figura 2, la agricultura de riego no se practica en laderas con pendientes fuertes y sitios aislados (sin caminos o veredas visibles mediante Google Earth beta®).

El Visualizador Google Earth beta® fue utilizado en línea también como apoyo para reconfigurar los polígonos con clasificación dudosa entre las cartas o que cambiaron su delimitación. Para ello, se obtuvieron y geo-referenciaron escenas de sitios complejos, como las principales manchas urbanas, el sistema lagunar de la desembocadura del río Tamesí, mesetas y serranías centrales y porciones de la Sierra de Tamaulipas y las áreas incendiadas del noroeste de la cuenca.

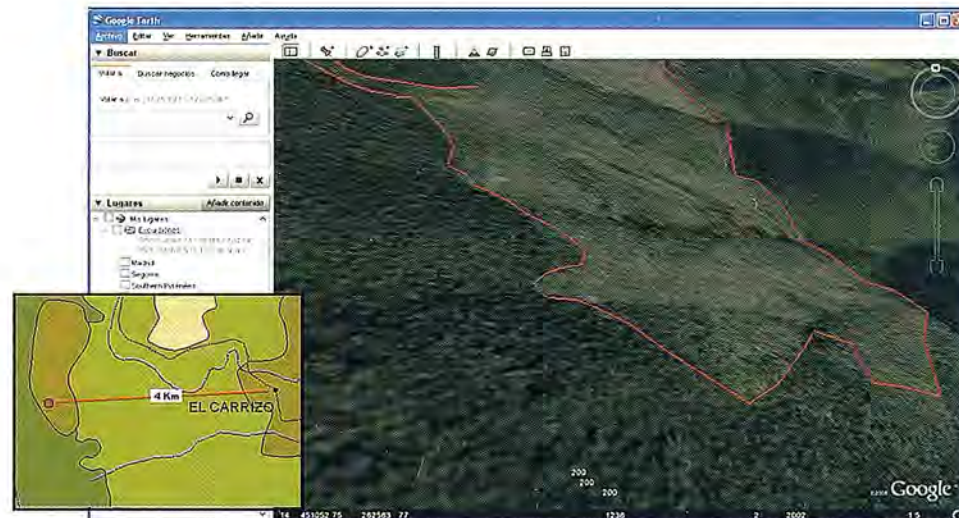


Figura 2. Polígono que supuestamente es de agricultura de riego (en rojo) sobre pendiente de 35% y altitud de 1,430 msnm. El inserto señala dicho polígono en la cobertura de UNAM (2000) y el poblado más cercano, 4 Km hacia el este. Esta zona presenta tendencia a incendios forestales, por lo que para este trabajo se clasificó como “pastizal inducido”.

mensionales del visualizador de Google Earth™; así como en las cartas digitales de corrientes de agua, curvas de nivel y un modelo digital de elevación del terreno.

Contando con estas herramientas, y aunado al conocimiento físico del territorio, se facilita sustantivamente la tarea de identificar, corregir y reclasificar los polígonos de vegetación y uso de suelo, debido a que la carta más actual presentaba diversos errores de clasificación. En primera instancia, se compararon las cartas 1976, 2000 y 2003, para identificar polígonos dudosamente clasificados. Para

propuestos por el GIOT (2000), adaptados para obtener una tipificación más acorde a criterios ambientales y ecológicos. Con esta finalidad, se integraron las siguientes modificaciones, usadas en el Diagnóstico del Sistema Natural de la Región Cuenca de Burgos (UAT, et al., 2005) y que se observan en el Cuadro 1.

Se identificaron y cuantificaron las coberturas de suelo que han cambiado en el periodo de análisis (1976-2008), calculando las superficies por tipo de vegetación, que son comparados entre sí para cada clase, para evaluar básicamente tres aspectos: a) cambios mayores y menores (en valores absolutos y relativos); b) coberturas de suelo que sustituyen a otras; c) estado de la vegetación (más y menos conservada), a través de la clasificación (tipificación de cambios, descrita posteriormente). Los criterios de clasificación se basaron en los

propuestos por el GIOT (2000), adaptados para obtener una tipificación más acorde a criterios ambientales y ecológicos. Con esta finalidad, se integraron las siguientes modificaciones, usadas en el Diagnóstico del Sistema Natural de la Región Cuenca de Burgos (UAT, et al., 2005) y que se observan en el Cuadro 1.

El concepto de “Forestal” se modifica para considerar en él toda la vegetación natural arbustiva o arbórea presente en la cuenca, a diferencia del GIOT (2000), que lo toma como relativo a los bosques y selvas que puedan tener un uso forestal.

Cuadro 1. Criterios para la tipificación de cambios de uso del suelo (fuente: UAT, et al., 2005)

CAMBIO	Clave	Clase
Aumento del espejo de agua	AAG	Avance de cuerpo de agua sobre cultivo, bosque o matorral
Cambio en criterios	CRIT	Cambios posibles debido a diferencia de criterios
Deforestación terminal	DTER	Retroceso de vegetación secundaria ante cultivo
Deforestación total	DEF	Retroceso de bosque ante cultivo, retroceso de matorral ante cultivo
Degradación de vegetación nativa	DNAT	Retroceso de vegetación primaria a vegetación secundaria
Degradación de zonas agrícolas	DAGR	Agricultura de riego a agricultura de temporal; Agricultura de riego o temporal a pastizales; Agricultura o pastizal cultivado a inducido
Mantenimiento de cuerpos de agua	AGUA	Permanencia de cuerpos de agua
Mantenimiento de pastizales	PZ	Permanencia de pastizales
Mantenimiento de vegetación secundaria	VEGS	Permanencia de vegetación secundaria
Mantenimiento de zonas agrícolas	AGR	Permanencia de zonas agrícolas
Mantenimiento de zonas de vegetación natural	NAT	Permanencia de zonas de vegetación nativa
Mantenimiento de zonas urbanas	URB	Permanencia de la mancha urbana
Mejora de la condición agrícola	MAGR	Agricultura de temporal o pastizales a agricultura de riego; Pastizales a agricultura de temporal
Problemas de identificación	ID	Error en alguna de las cartas, no corregible por métodos SIG
Recolonización de vegetación natural	RECOL	Avance de vegetación secundaria sobre cultivo o pastizal, vegetación secundaria
Recuperación de vegetación natural	RECUP	De vegetación secundaria a bosque en desarrollo, u otra vegetación nativa
Repoblación	REPOB	Avance de bosque o matorral primarios sobre cultivo o pastizal
Retroceso agrícola a urbano	AGRAU	Disminución de cultivo ante mancha urbana
Retroceso de vegetación natural a urbano	NATAUR	Disminución de bosque, selva o matorral ante mancha urbana
Retroceso del espejo de agua	RTAG	Retroceso de cuerpo de agua ante cultivo, bosque o matorral

Se creó una nueva clasificación, “cambio de criterios”, que incluye cambios (especialmente entre algunos tipos de vegetación nativa) que puedan estar dándose, ya sea porque equivalen a un tipo de vegetación no encontrado en alguna de las fechas a comparar; o bien, porque la cobertura entró en sucesión, o simplemente por un cambio de criterios al registrar la comunidad. En la clasificación del GIOT (2000), todos estos cambios se clasificarían como “transición imposible”, que representa el error entre cartas.

Aunque en el estudio antecesor del presente (Requena, 2007) se identificaron los errores en las cartas digitales a través de esta clasificación, no se tenía como objetivo la corrección de éstas. En cambio, para aumentar y afinar los modelos subsecuentes en esta evaluación, los registros tipificados como “cambios de criterio” se sometieron a las siguientes consideraciones:

Los cambios entre algunas clases de vegetación nativa (primaria, degradación y recuperación), se consideran “mantenimiento de vegetación natural”: bosque-bosque, selva baja espinosa-mezquital; “degradación de vegetación nativa”: bosque-matorral rosetófilo, encino-chaparral, pues suelen surgir como vegetación secundaria en los incendios en las sierras altas; “recuperación de vegetación”: chaparral-bosque encino, pues el chaparral de la zona puede integrarse de encino; bosques con vegetación secundaria a matorral, pues se perdió el bosque, pero avanzó el matorral primario.

“Cambio de criterio”: Matorrales a mezquital, que es posible pero debe tenerse en cuenta el lento crecimiento

de los mezquites; bosques de encino a selvas subcaducifolias, bosque de pino a bosque de táscate, selva baja a matorral submontano, selva húmeda a selva sub-húmeda.

“Problemas de identificación”: Urbana a cualquier clase; agricultura a bosque de encino o encino-pino (incluyendo secundario). Pudiera presentarse el caso de que un terreno agrícola pase a pino o encino, por cultivo forestal o reforestación, pero no se tienen los datos de los que existen, mientras que la reforestación con pinos no ha sido exitosa en el territorio estudiado.

En el caso de los humedales (tular, vegetación acuática o manglar) y la vegetación halófila (que se encuentra solamente en la vecindad de los tulares registrados), se tienen las siguientes consideraciones especiales: agricultura, pastizal o urbana a humedal: “Problemas de identificación”; humedal a mancha urbana: “Retroceso de vegetación natural a urbano”;

humedal a agricultura o pastizal: “deforestación total”; humedal a agua: “deforestación total”; agua a humedal: “repoblación”; manglar a otro humedal: “Degradación de vegetación nativa”; humedal a vegetación halófila: “Degradación de vegetación nativa”. Finalmente, la carta de 1976 incluye zonas clasificadas como “Sin vegetación aparente”, que corresponden a manchas urbanas ya existentes en ese tiempo, por lo que se consideró de ésta a asentamientos humanos como “Mantenimiento de zonas urbanas”.

Resultados

Como resultado del avance de la frontera agrícola, se esperaba encontrar los mayores cambios de tipo de cobertura tanto en zonas con vegetación primaria (que pasó a ser invadida por vegetación secundaria), como los cambios en los regímenes del uso de suelo (como pastizal a temporal o temporal a riego). El crecimiento de la zona agrícola y pecuaria se acompaña de la destrucción de selvas bajas, mezquiales y otros tipos de vegetación, cuyos suelos son aprovechados en actividades agropecuarias. En general, la vegetación nativa ha disminuido en un 17.4% (Figura 3), desde los registros de 1976 a los del 2008.

Los tipos de coberturas y vegetación que presentan una mayor tasa de cambio en superficie a la alza son comunidades con vegetación secundaria (mezquital, chaparral, selva baja espinosa y selva mediana caducifolia y subcaducifolia, con 94.32, 86.09, 47.15% y 43.91% respectivamente) y la aparición de ésta en el matorral desértico; asentamientos humanos (64.4%), pastizal inducido (57.7%), agricultura de riego (25.2%), cuerpos de agua

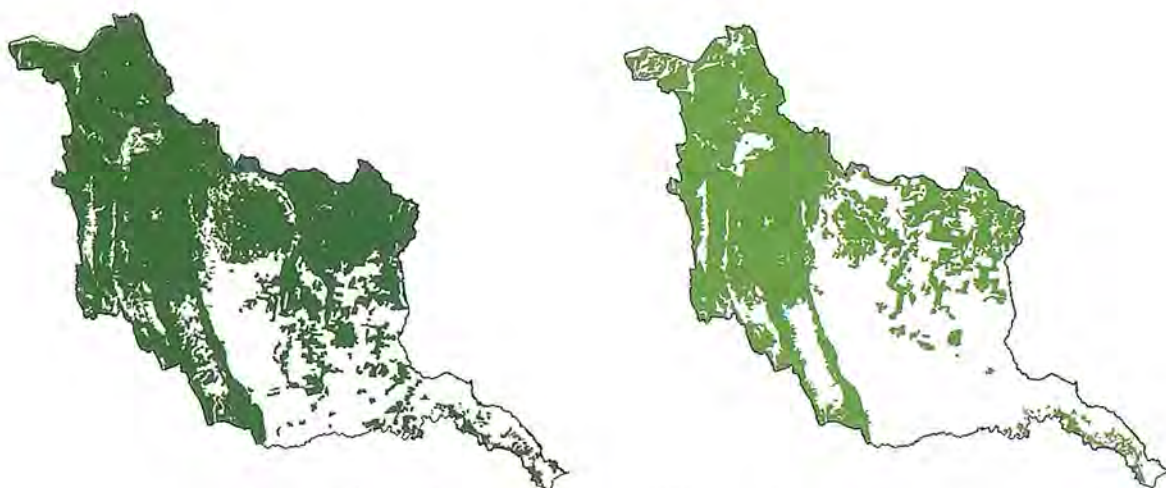


Figura 3. Cobertura de vegetación nativa en 1976 (izquierda) y 2008 (derecha)

Fuente: elaboración propia

(23.7%) y agricultura de temporal (18,59%). Por el contrario, las coberturas con mayor disminución en superficie son: la selva baja espinosa (-77.1%), el palmar (-71.1%), la vegetación de galería (-52.9%), el mezquital (-51.6%), la selva alta y mediana subperennifolia (-27.13) y las comunidades con vegetación secundaria (selva baja caducifolia y subcaducifolia, -43.17%; bosque de pino, -20.83%). El Cuadro 2 muestra las coberturas y porcentajes así como la tasa de cambio de cada categoría.

Cuadro 2. Superficie (hectáreas) por categoría, cobertura relativa y tasa de cambio 1976-2008 en la cuenca

COMUNIDAD o USO DE SUELO	Superficie 1976	%	Superficie 2008	%	Tasa de cambio
Agricultura de negro (incluye negro eventual)	100,696.30	6.77	168,393.59	11.34	25.16
Agricultura de temporal	252,572.40	16.98	367,895.97	22.63	18.59
Area sin vegetación aparente	35.46	0.00			-100.00
Asentamiento humano	4,025.95	0.27	18,591.46	1.20	64.40
Bosque de encino	130,063.90	8.74	121,609.75	8.18	-3.36
Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	26,441.80	1.78	27,379.87	1.84	1.74
Bosque de pino	11,649.07	0.78	11,239.70	0.75	-1.79
Bosque de pino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	1,892.94	0.13	1,240.30	0.08	-20.83
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	68,245.00	4.59	67,875.30	4.56	-0.27
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con vegetación secundaria	40,675.23	2.73	30,672.00	2.07	-14.02
Bosque de táscate	3,184.51	0.21	3,034.33	0.20	-2.41
Bosque mesófilo de montaña	18,041.57	1.21	16,938.67	1.14	-3.15
Chaparral	32.68	0.00	437.24	0.03	86.09
Cuerpo de agua	17,583.46	1.18	28,654.12	1.92	23.75
Manglar	316.45	0.02	406.29	0.03	12.43
Matorral desértico rosetófilo	18,467.51	1.24	15,117.55	1.01	-9.97
Matorral desértico rosetófilo con vegetación secundaria	0.00	0.00	610.85	0.04	100.00
Matorral submontano	131,133.90	8.82	116,654.67	7.82	-5.84
Matorral submontano con vegetación secundaria	17,847.96	1.20	26,771.18	1.31	20.00
Mezquital (incluye huizachal)	16,987.03	1.14	5,423.02	0.36	-51.60
Mezquital (incluye huizachal) con vegetación secundaria	89.54	0.01	1,760.57	0.12	90.32
Palmar	4,075.92	0.27	687.13	0.05	-71.15
Pastizal cultivado	109,739.40	7.38	135,230.94	9.08	10.41
Pastizal inducido	15,083.62	1.01	56,220.46	3.77	57.69
Popal-tular	13,566.88	0.91	13,310.72	0.89	-0.95
Selva alta y mediana subperennifolia	2,486.50	0.17	1,425.10	0.10	-27.13
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	193,735.00	13.03	151,742.62	10.19	-12.15
Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	250,827.80	16.86	99,559.76	7.17	-43.17
Selva baja espinosa	22,525.32	1.51	2,915.42	0.20	-77.08
Selva baja espinosa con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	811.62	0.05	2,259.99	0.15	47.15
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	11,002.26	0.74	7,215.68	0.48	-20.78
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	961.72	0.06	2,467.44	0.17	43.91
Vegetación de galería (incluye bosque, selva y vegetación de galería)	2,047.53	0.14	630.39	0.04	-52.92
Vegetación halófila y gipsófila	562.34	0.04	643.86	0.04	6.76

Para evaluar el comportamiento en la dinámica de la cobertura del suelo, se clasificó el terreno según los cambios

o permanencias en cada tipo de uso. De esto se obtuvo que, como se muestra en el mapa del Anexo I, en el área de estudio domina la permanencia de zonas con vegetación natural primaria, con el 32% de la superficie; seguido por las áreas con mantenimiento de actividades agrícolas, con 18% y zonas con algún nivel de deforestación de vegetación natural, con 11.2%; además, la mejora de condición agrícola alcanza un 7% de la superficie (Cuadro 3).

A continuación se analizan las clases de cambio y permanencia de mayor relevancia superficial en la CGT, así como las inconsistencias entre las dos bases de datos estudiadas.

En el 32% de la cuenca, permanece la vegetación natural debido a que gran parte de ella se distribuye en zonas con pendientes pronunciadas en las zonas montañosas, lo que dificulta su aprovechamiento antropogénico. Es necesario aclarar que en la presente evaluación se consideraron como mantenimiento de vegetación natural cuando un mismo tipo de ecosistema sucede a otro, debido al amplio periodo de análisis (35 años), en los cuáles es posible la sucesión entre bosques de pino y encino o selvas bajas con algunos matorrales.

Los climas húmedos del sur de la CGT permiten que las zonas de cultivos de secano antiguas prevalezcan, dándole su carácter agrícola ya tradicional; esto, aunado a la presencia de los distritos de riego se traduce como un 18.6% del terreno en que prevalece su régimen de cultivo original; es decir que se mantienen las zonas agrícolas.

La deforestación terminal se considera un proceso muy dinámico, ya que pasó de un ecosistema en recuperación a uso agropecuario. Este proceso ocupa

11.23% de la cuenca, e implica la desaparición principalmente de vegetación secundaria de selva baja subcaducifolia para dar paso en su mayoría a pastizales inducidos y agricultura de temporal.

Otro proceso de importancia por su superficie (9% de la CGT) es el mantenimiento de vegetación secundaria, que dependiendo de la comunidad vegetal, alcanzará su madurez en meses (pastizales) o décadas (bosques). En zonas con alta incidencia de incendios, dichos eventos destruyen principalmente el sotobosque, aunque en ocasiones también se pierden los individuos más longevos; es por ello que en esas zonas se ha mantenido la vegetación secundaria de comunidades puras y mixtas de encino y pino. Por otra parte, y de mayor relevancia respecto a la superficie, en la cuenca se mantienen comunidades en sucesión de selva baja caducifolia. Aunque las selvas pueden recuperarse más rápidamente que los bosques y volver a condiciones cercanas a las originales, el uso de los territorios selváticos como agostaderos de baja intensidad son la causa del mantenimiento de la vegetación secundaria. En este caso se trata en su mayoría de predios privados y ejidales, en los que se practica el desmonte con diversos fines.

Por otro lado, 97,579 hectáreas de comunidades de vegetación natural primaria han sido totalmente removidas para ser utilizadas en actividades agrícolas o pecuarias (pastizales inducidos o cultivados); son el 6.55% de la cuenca. Las más afectadas han sido las selvas bajas, con casi 46,600 hectáreas que ahora se utilizan en cultivos o en pastizales inducidos.

Del resto de categorías de dinámica en el uso del suelo, se puede discutir algunas cuestiones como el hecho de que el 6.5% de la CGT se logró una mejora desde el punto de vista de manejo agrícola por la apertura de superficies de riego y de tecnificación de cultivos. Caso contrario ocurre en el 0.06% de la CGT, cuando por un mal manejo en los sistemas agropecuarios, asociado muchas veces con las condiciones económicas del país, se presenta una disminución de la condición agrícola. En el mejor de los casos, se presenta un cambio de régimen de riego a secano; pero algunas veces se da el abandono de los terrenos agropecuarios, permitiendo el desarrollo de comunidades vegetales oportunistas asociadas con este tipo de regiones, como es el caso de los pastizales inducidos.

En el 4.1% de la región se mantienen los pastizales por la permanencia de zonas ganaderas o inducidos por el abandono de éstas o de cultivos agrícolas. Estas mismas

Cuadro 3. Tipos de cambio 1976-2008 en la vegetación y uso de suelo, su superficie y cobertura relativa en la cuenca (Fuente: elaboración propia)

CAMBIOS	SUPERFICIE	%
Mantenimiento de vegetación nativa	479,522	32.19
Mantenimiento de zonas agrícolas	277,494	18.63
Deforestación terminal	167,252	11.23
Mantenimiento de zonas de vegetación secundaria	135,292	9.08
Deforestación total	97,579	6.55
Mejora de la condición agrícola	97,298	6.53
Mantenimiento de pastizales	61,868	4.15
Degradación de vegetación	46,175	3.10
Recuperación de vegetación	26,535	1.78
Problemas de identificación	17,599	1.18
Mantenimiento de cuerpos agua	13,804	0.93
Cambio en criterios	13,628	0.91
Aumento en espejo agua	11,927	0.80
Retroceso agrícola a urbano	10,711	0.72
Recolonización de vegetación	9,577	0.64
Degradación de zonas agrícolas	8,861	0.59
Repoblación	6,054	0.41
Mantenimiento de zonas urbana	3,967	0.27
Retroceso de vegetación nativa a urbano	3,744	0.25
Retroceso del espejo agua	1,081	0.07

actividades traen como consecuencia que, en el 3.1% de la CGT se encuentren terrenos donde la vegetación primaria haya entrado en sucesión, que se considera como degradación de la misma. En este caso cabe aclarar que, debido a la sabanización presente en la cuenca, se incluyeron en esta clasificación algunos cambios entre vegetaciones cuya sucesión realmente ocurre en el terreno. Se consideraron algunas coberturas que pasan a vegetación secundaria de otra selva, bosque o de matorral; chaparral en el caso del bosque de encino o vegetación de tular en el caso de manglar.

El avance de cobertura vegetal se clasificó en tres tipos de dinámica, la recuperación de vegetación (1.6% de la CGT), la recolonización (0.57%) y la repoblación (0.39%). El primer tipo se presenta principalmente en selva baja caducifolia, aunque también existen registros de matorral submontano y bosques de pino y encino, así como mixtos; el segundo clasifica terrenos agropecuarios abandonados que permiten el desarrollo de especies de vegetación secundaria de la comunidad nativa de esa región; el tercero es poco común en la cuenca, ya que implica una recuperación de la cubierta original, presentándose áreas limítrofes entre los tipos de vegetación nativa y el uso de suelo.

En cuanto a la dinámica de los cuerpos de agua (presas, lagos y lagunas que sean significativos a la escala manejada, excluyendo los ríos), se observó que, por una parte 0.93% de la CGT se mantiene como espejo de agua; por otra parte un existe un 0.83% de aumento debido principalmente a la construcción de embalses. Cabe mencionar que en el trabajo antecesor del presente análisis (Requena, 2007) este cambio era superior debido a que existía un error en la clasificación de la carta de 1976, ya que la laguna La Salada, en el municipio de Altamira, fue etiquetada como "Agricultura de humedad". El caso contrario se presenta casi en su totalidad en el sistema lagunar del Tamesí, al sur de la Cuenca; esto es debido a que sus zonas más someras han quedado expuestas y representa un 0.07% de la CGT.

Por su parte, las superficies de zonas urbanas que se han mantenido ocupan 0.27% de la CGT. El aumento de manchas urbanas se clasificó dentro de dos tipos, como pérdida de terreno agrícola (con 0.72% de la cuenca) o de vegetación natural (primaria o secundaria), con 0.24% de la CGT; este crecimiento urbano hacia las zonas naturales ha sido relativamente poco en la cuenca, debido a que el mayor incremento se presenta en las zonas planas y bajas (ya degradadas hacia terrenos agrícolas).

Cuadro 4. Cambios en la cobertura del suelo clasificados como "problemas de identificación" (con superficies mayores a 300 hectáreas por clase, excluyendo los que incluyen ausencia de datos, SD)

Cobertura 1976	Cobertura 2000
Selva baja caducifolia	Bosque de encino
Matorral submontano	Bosque de encino
Agricultura de temporal	Bosque de encino
Matorral desértico rosetófilo	Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)
Matorral submontano	Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)
Agricultura de temporal	Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)
Selva baja caducifolia VS	Bosque de encino
Pastizal inducido	Bosque de encino
Matorral desértico rosetófilo	Bosque de encino
Matorral desértico rosetófilo	Bosque de pino
Agricultura de riego	Popal-tular

Cuadro 5. Cambios en la cobertura del suelo clasificados como "cambio de criterio", con superficies mayores a 300 hectáreas por clase

Cobertura 1976	Cobertura 2000
Bosque de encino	Selva baja caducifolia y subcaducifolia
Selva baja espinosa	Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva
Matorral submontano VS	Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva
Matorral submontano	Mezquital (incluye huizachal)
Bosque de encino	Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva
Bosque de encino VS	Matorral submontano
Selva baja caducifolia	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva
Selva baja espinosa	Selva baja caducifolia y subcaducifolia
Matorral submontano	Selva baja caducifolia y subcaducifolia
Selva baja caducifolia VS	Selva baja espinosa

En la clasificación de la dinámica de cambio, se presentaron algunos problemas con la tipificación de los registros. Estos son de dos tipos, que corresponden a errores que no pueden presnetarse en el terreno ni fue posible corregir por medio del SIG y otros que son cambios de criterio y que efectivamente se corrigen con el SIG, o bien que pudieron presentarse en la realidad. La primera clase de problemas se clasificó como "Problemas de identificación", ocupa el 1.2% de la superficie estudiada y fue adaptada por UAT, et al. (2005) en lugar de "Transición Imposible" del GIOT (2000), que se conceptualiza como el error en las cartas trabajadas. Puede deberse a diferentes causas al elaborar las coberturas de origen; las principales fuentes de error se mencionan a continuación.

* Diferencia de técnicas usadas para la elaboración de las coberturas digitales. La carta de 1976 fue elaborada por el INEGI apoyándose en fotografía aérea y gran parte sobre trabajo de campo. La carta de 2000, en la cual se basó la actualización al 2008, fue elaborada por la UNAM para el Inventario Nacional Forestal, actualizando la Serie II con apoyo básico en técnicas de sensores remotos a través de imágenes Landsat ETM+.

* Diferencia en límites de polígonos. Los límites de una significativa cantidad de polígonos no coinciden en las cartas, por lo cual genera errores al aparecer un mismo pixel con tipos de vegetación que no es posible un cambio entre sí. Por otro lado, en algunas ocasiones sucede que los límites de las cartas no coinciden, por lo que en el modelo ya combinado quedan algunos pixeles con uno de los campos vacío en la base de datos.

* Magnitud del área de estudio.

La metodología que sirvió como base de este trabajo está diseñada para elaborar ordenamientos territoriales de magnitud estatal; por ello es que se supone que no deba representar valores significativos (GIOT, 2000). No obstante, se acumuló el error en las cartas para el área de trabajo, por lo que resultó en un valor relativamente alto: 1.18% de la superficie del área de estudio presenta problemas de identificación, lo que representa 17,599 hectáreas. Ejemplo de estos cambios se enlistan en el Cuadro 4.

bios se enlistan en el Cuadro 4.

La categoría de "Cambio en criterios" abarca 0.91% de la CGT y no existe en la metodología GIOT (2000). De acuerdo con la UAT, et al. (2005), se agregó esta clase para que un importante número en las combinaciones de las coberturas de las cartas analizadas no fuera considerado dentro de los errores en la clasificación. Algunos de los más notorios encontrados por Requena (2007), fueron el cambio de bosque primario de pino o de encino a bosques mixtos o viceversa; o bien, las zonas de ecotonos entre selvas, o de estas con los encinares. Aunque la mayoría de los cambios fueron reclasificados a otros tipos, con algunos de ellos esto no fue posible con los medios de análisis y criterios utilizados, por lo que se dejó esta clasificación, aunque definitivamente se disminuyó la superficie así tipificada anteriormente. En el Cuadro 5 se muestran las combinaciones que fueron clasificadas bajo este criterio.

La Cuenca Guayalejo-Tamesí presenta una alta riqueza biofísica que le permite sustentar las actividades socioeconómicas que le caracterizan, como son la industria petroquímica, una variada gama de cultivos, así como extensas áreas dedicadas a la ganadería extensiva, pero con limitado uso forestal actual. A pesar de este uso intensivo de su territorio, si se hace un balance resulta que la calidad de sus recursos naturales es sensiblemente alta, debido a que se encuentran zonas con alto grado de conservación, principalmente en los sistemas montañosos; estos, aunados a los factores ecogeográficos presentes en la cuenca, y al relativamente bajo disturbio por actividades antropogéni-

cas, permiten que se cuente con importantes zonas con altos valores en bienes y servicios ambientales.

Utilizar cartas digitales de vegetación, actualizadas usando análisis visual de imágenes de satélite en diferentes resoluciones y características, permite que, a la escala de la cuenca no sea estrictamente necesario el uso de una clasificación de dichas imágenes. Esto debido a que, al momento de establecer delimitaciones de uso y gestión dentro de un instrumento legal, actualmente se toman límites que puedan ser fácilmente reconocidos en el terreno, debido a que en Tamaulipas no existen recursos públicos destinados a delimitar físicamente los espacios naturales protegidos.

El estudio de ecosistemas a escalas medias, como en este caso, se facilita y es eficiente con la utilización de imágenes satelitales y otros recursos que actualmente se obtienen de forma gratuita a través de Internet.

El indicador construido aporta un panorama claro de la dinámica de la vegetación y el uso de suelo presentes en la cuenca. Permite visualizar en dónde se ha estado degradando la vegetación natural y dónde se ha estado conservando, así como lo que ha sucedido con el avance de la frontera agrícola; con estas bases se abre la posibilidad de establecer estrategias adecuadas para la preservación y el uso sustentable del suelo y los recursos naturales presentes en la cuenca.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por su apoyo mediante beca a la autora, para realizar los estudios doctorales de que forma parte esta investigación.

Referencias

Cámara Artigas, R. y F. Díaz del Olmo. 2004. *Directrices de gestión para la conservación y desarrollo integral de un humedal centroamericano. Golfo de Montijo (litoral del Pacífico, Panamá)*. Cooperación Española, Embajada de España en Panamá, Instituto de Economía y Finanzas e Panamá, Autoridad Nacional del Medio Ambiente de Panamá. Universidad de Sevilla. 299 pp.

Díaz del Olmo, F.; R. Cámara Artigas y J.R. Martínez Batle. 2004. *Directrices y recomendaciones para el uso y gestión sostenible de los manglares del Chiriquí (República de Panamá)*. Cooperación Española, Embajada de España en Panamá, Instituto de Economía y Finanzas e Panamá, Autoridad Nacional del Medio Ambiente de Panamá. Universidad de Sevilla. 153 pp.

Elkie, Philip C; Robert S. Rempel y Angus P. Carr. 1999. *Patch Analyst user manual. A tool for quantifying landscape Structure*. Northwest Science and Technology Technical manual. Boreal Science. ISBN 0-7778-8295-7. 28 pp.

FAO-UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1990. *Mapa Mundial de Suelos. Leyenda Revisada. Versión en español preparada por: T. Carballas, F. Macías, F. Díaz-Fierros, M. Carballas y J. Fernández*. Santiago de Compostela (España), Sociedad Española de la Ciencia del Suelo.

García Miranda, E. 1982. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

GIOT, Grupo Interdisciplinario para el Ordenamiento Territorial. 2000. *Programa de Ordenamiento Territorial. Guía Metodológica para el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial*. SEDESOL-SEMARNAP-CONAPO-INEGI. México. 175 pp.

Gob-Edo, Gobierno del Estado de Tamaulipas. 2002. *Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Tamaulipas*. En prep. 351 pp.

INE, Instituto Nacional de Ecología y SEMARNAP, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2000. *Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Resumen de Avances*. INE. Dirección General de Ordenamiento Ecológico. 36 pp.

INE, Instituto Nacional de Ecología. *El Ordenamiento Ecológico del Territorio. Logros y retos para el desarrollo sustentable*. 1995-2000. SEMARNAT. México. 174 pp.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1976. *Carta digital de uso de suelo y vegetación. Serie I. Escala 1:250,000*.

INEGI. 1982. *Conjunto de datos vectoriales edafológicos. Serie I. Continuo Nacional. Escala 1:250,000*.

INEGI. 1990. *Guías para la Interpretación de Cartografía. Uso del Suelo. Segunda Reimpresión*. Talleres del INEGI. México. 49 pp.

INEGI. 2000. *Cartografía digital temática socioeconómica. Escala 1:250,000*.

Mullen, Shevelle Marie. 2006. *Furbearer harvests and landscape change in the Rocky Mountain foothills of Alberta*. Tesis sustentada para el grado de M.Sc. in Envi-

ronmental Biology and Ecology. Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Alberta. Edmon, Alberta. 120 pp.

Palacio-Prieto, J.L., M.T. Sánchez-Salazar, J.M. Casado Izquierdo, E. Propin Frejomil, J. Delgado Campos, A. Velázquez Montes, L. Chias Becerril, M.I. Ortiz Álvarez, J. González Sánchez, G. Negrete Fernández, J. Gabriel Morales, R. Márquez Huitzil, Nilda Manzano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, D. Ocaña Nava, E. Juárez Aguirre, C. Anzaldo Gómez, J.C. Hernández Esquivel, K. Valderrama Campos, J. Rodríguez Carranza, J.M. Campos Campuzano, H. Vera Llamas Cruz y C.G. Camacho Ramírez. 2004. *Indicadores para la Caracterización y el ordenamiento del Territorio*. INE, UNAM, SEDESOL. México. 161 PP.

PEOT, Programa Estatal de Ordenamiento Territorial. 2001. *Gobierno del Estado de Tamaulipas. Cartas digitales temáticas inéditas*.

Requena-Lara, Glenda N. 2007. *Diagnóstico Ecológico de la Cuenca Guayalejo-Tamesí con Base en Sistemas de Información Geoespacial*. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas. México. 267 pp.

SEDUE e IPN, Instituto Politécnico Nacional. 1989. *Insufumos para el Ordenamiento Ecológico de la Zona Árida*. Secretaría Académica del IPN. 190 pp.

SEMARNAP. 2000. *Ordenamiento Ecológico General del Territorio*. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental. 36 pp.

UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México. 2000. *Carta digital del Inventario Nacional Forestal (INF)*. México, DF.

UAT-ITESM-UANL-UAAAN, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y Pronatura Noreste A.C. 2005. *Ordenamiento Ecológico de la Región Cuenca de Burgos. 1ª Fase: Caracterización de todos los Componentes y Diagnóstico del Componente Biofísico*. Documento en Preparación para INE-SEMARNAT

UAT, Universidad Autónoma de Tamaulipas. 2001. *Diagnóstico Ecológico del Estado de Tamaulipas*. Documento inédito. Ciudad Victoria. México.

Vera Vázquez, R. 2004. *La cuenca del río Guayalejo-Tamesí, situación actual políticas públicas y perspectivas*. El

Colegio de Tamaulipas, A.C. 186 pp.

Fuentes de información:

Chuvieco, E. 1998. *El factor multitemporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios*. *Revista de Teledetección*. No. 10. Diciembre de 1998. España. [http://telenet.uva.es/promotores/revista/revista_10/AET10_4.pdf]: 18-abr-03

Castillo, M. y J. Guzmán. 2004. *Cambios en cobertura vegetal en Palo Verde según SIG*. *Revista Ambientico*. N° 129- Junio 2004. Costa Rica.

[<http://www.ambientico.una.ac.cr/129/Index.htm>]: 29-sep-2005

Gob-Edo. sin año. *Página oficial*. [<http://www.tamaulipas.gob.mx/tamaulipas/>]: varias fechas de consulta.

Gómez, O. F. 1999. *Change detection of vegetation using Landsat imagery*. University of Texas. [<http://www.crwr.utexas.edu/gis/gishydro99/class/gomez/termproj.htm>]: 11-feb-2006

González Mendrano, F. 1998. *La vegetación de México y su historia*. *Ciencias [52]:58-65*. oct-dic. 1998. *e-journal de la UNAM*. México.

[<http://www.ejournal.unam.mx/ciencias/no52/CNS05209.pdf>]: 05-ene-2007

INEGI. sin año. *Información botánica en la cartografía temática del INEGI*. Guía normativo- metodológica.

[http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/botanica/Inf_bot.pdf]: 23-nov-2004

Mas, J.F., A. Velázquez, J.R. Díaz, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro y T. Fernández. 2002. *Monitoreo de los cambios de cobertura en México*. *Memorias del II Seminario Latinoamericano de Geografía Física*. Maracaibo, Venezuela. Julio de 2002. [<http://www.ciga.unam.mx/investigadores/zacatuche/PDF/72Participacion%20como%20ponente%20en%20eventos%20academicos/722Internacionales/722-25.pdf>]: 07-ene-2010

Victoria Hernández, A.; M. Niño Alcocer; J.A. Rodríguez Avalos. 2009. *Actualización de la Información de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 y generación de la Serie IV*. *Resumen del Póster de la Reunión Nacional 2009 de la Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial*, Capítulo México.

[<http://www.selper-mexico.org.mx/resumens2009.htm>]: 15-ene-2010

NORMAS PARA AUTORES

CONTENIDO

Mapping es una revista internacional en lengua española que publica artículos sobre Ciencias de la Tierra con un enfoque tanto investigativo como profesional. Mapping no es una revista especialista sino generalista donde se publican artículos de Topografía, Geodesia, SIG, Medio Ambiente, Teledetección, Cartografía, Catastro, Turismo y Ciencias de la Tierra en general. El amplio campo cubierto por esta publicación permite que en ella el lector, tanto científico como técnico, pueda encontrar los últimos trabajos publicados con las nuevas investigaciones y desarrollos en el campo de las Ciencias de la Tierra en la comunidad hispanohablante.

La revista Mapping invita a los autores de artículos en el campo de las Ciencias de la Tierra a la colaboración mediante el envío de manuscritos para su publicación, según las siguientes normas:

ESTILO

El artículo será enviado como documento de texto con las siguientes normas de estilo:

- La fuente será "Times New Roman" a tamaño 12.
- Interlineado a doble espacio.
- Sin espaciado adicional al final o al principio de los párrafos.
- Justificación en ambos laterales.
- Títulos de los diferentes apartados y subapartados del artículo ordenados de manera numérica, en mayúsculas y en negrita.
- Tamaño del papel DIN A4.
- Márgenes verticales y laterales de 2,5 cm.
- No se admiten encabezados ni pies de página.

LONGITUD

La longitud de los artículos no está establecida, recomendándose una extensión en torno a las 10 páginas para el texto con el estilo propuesto.

SISTEMAS DE UNIDADES

Salvo excepciones que serán evaluadas por el Comité Editorial el sistema de unidades será el Sistema Internacional.

FORMULAS MATEMÁTICAS

Las fórmulas matemáticas se incluirán en el cuerpo de texto en una línea aparte y con justificación centrada. Las fórmulas se numerarán correlativamente por su orden de aparición con su número entre paréntesis a la derecha.

TABLAS

Las tablas se incluirán en el artículo cada una de ellas en una hoja aparte a continuación del texto, numeradas en orden de aparición y con su leyenda. En el lugar del texto, en el cual deberán ser insertadas para la maquetación final se incluirá una línea con la palabra "tabla" y su número en mayúsculas, con justificación centrada.

El diseño de las tablas será tal que permita su lectura con maquetación a una columna (8 cm de ancho) y excepcionalmente a 2 columnas (16 cm de ancho).

En ningún caso se admitirán tablas en formato apaisado.

FIGURAS

Las figuras se incluirán en el artículo cada una de ellas en una hoja aparte a continuación de las tablas, numeradas en orden de aparición y con su leyenda. En el lugar del texto, en el cual deberán ser insertadas para la maquetación final y se incluirá una línea con la palabra "figura" y su

número en mayúsculas, con justificación centrada. El diseño de las figuras será tal que permita su visibilidad con maquetación a una columna (8 cm de ancho) y excepcionalmente a 2 columnas (16 cm de ancho). Se admiten figuras en blanco y negro y color.

REFERENCIAS

En el cuerpo del texto del artículo las referencias se citarán por el apellido del autor y el año de publicación separados por una coma y entre paréntesis. Las referencias se incluirán al final del texto como un apartado más del mismo y se documentarán de acuerdo al estándar cuyo modelo se incluye a continuación:

LIBROS

Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título. Edición. Editorial, ciudad de publicación. Número de páginas pp.

REVISTAS

Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título del artículo. Revista, número (volumen), pp: página de inicio-página final.

DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título del documento. Enlace de Internet.

En todos los casos se incluirán tantos autores como figuren en las referencias.

No se admitirán artículos sin referencias.

FORMATO DEL MANUSCRITO

El documento que será enviado al comité editorial en el siguiente formato:

HOJA DE PORTADA

En la hoja de portada se incluirán los siguientes datos

TÍTULO

El título del artículo deberá tener menos de 15 palabras y estar escrito en español e inglés.

AUTORES Y FILIACIÓN

A continuación del título se incluirán los autores en el orden de aparición, sus datos de filiación y contactos en el siguiente formato:

Apellido, nombre.

Institución o empresa. Teléfono.

Correo electrónico. País

ARTÍCULO

El artículo estará formado por el cuerpo del texto, las tablas y figuras. **Irá precedido de su título en mayúsculas, un resumen de 100-200 palabras y palabras claves, todo ello en español e inglés.** El artículo comenzará en una hoja aparte y no contendrá ningún dato de los autores para la revisión anónima del mismo. La estructuración de los artículos es decisión de los autores pero se recomienda la estructura habitual en los artículos en publicaciones científicas.

ENVÍO DE LOS MANUSCRITOS

Los manuscritos serán enviados en formato digital, preferentemente PDF o WORD a la dirección de correo electrónico manuscritos@mappinginteractivo.com

Los SIG, herramienta de interacción medio ambiente, ordenamiento y urbanismo.

Ejemplos de resultados en ciudades cubanas

*Dr. Arq. Arnoldo E. Álvarez López, Lic. Félix Delfín Rubio Hernández,
Msc. Arq. Marta C. González Domínguez, Msc. Arq. Yami Castro Conrado*

Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica son un conjunto de herramientas informáticas que captura, almacena, transforma, analiza, gestiona y edita datos geográficos (referenciados espacialmente a la superficie de la tierra) con el fin de obtener información territorial para resolver problemas complejos de planificación, gestión y toma de decisiones, apoyándose en la cartografía.

Las aplicaciones de un SIG son amplias y continúan aumentando: sirven para la elaboración de mapas (temáticos, locacionales, en relieve...) y composiciones cartográficas al añadir gráficos y tablas enlazados con los mapas; crea mapas activos (hot-linking) con posibilidades infinitas para las multimedia (videos, fotos, animaciones...) y la web; posibilita la generación de escenarios y realidad virtual, dibujos en perspectivas realista, vuelos virtuales, 3D, etc.; ofrecen información para decidir una localización óptima o el mejor emplazamiento de cualquiera instalación o inversión por grande y compleja que ésta sea; ayuda en la realización de estudios de mercado (geomarketing) y en el planeamiento estratégico para mejorar los servicios de las empresas; se utiliza en el trazado de rutas o routing (comerciales, de emergencia en el caso de policía y bomberos, red de alcantarillado, etc.); permiten crear inventarios de recursos naturales y humanos (catastros), la investigación de los cambios producidos en el medioambiente, la cartografía de usos del suelo y la prevención de incendios, etc. El mapa es una de las herramientas más eficientes para administrar, dar seguimiento e inventariar los recursos y elementos de la Planificación dentro de una ciudad.

Los mapas aportan una representación pictórica de los recursos urbanos, la infraestructura existente y la zonificación que permite a los planificadores identificar los elementos que integran el paisaje de la ciudad.

Desarrollo

En el presente trabajo y a partir de estas bondades y la asi-

milación de estas plataformas en el trabajo cotidiano del IPF y sus dependencias provinciales y municipales, se muestran resultados científicos relacionados con los microclimas térmicos urbanos, contaminación y climas acústicos y sistemas de áreas verdes que constituyen elementos de apoyo a los PGOTU, a la formulación de expedientes de microlocalizaciones etc., a través de SIG que amplían la introducción de estos logros y perfeccionan y elevan la eficiencia de las soluciones de planeamiento y los planes parciales incorporando estos elementos ambientales. Se muestran algunas aplicaciones y resultados en ciudades de la región central, todas ellas ciudades principales cabeceras de provincia como son los caso de Santa Clara y Sancti Spiritus.

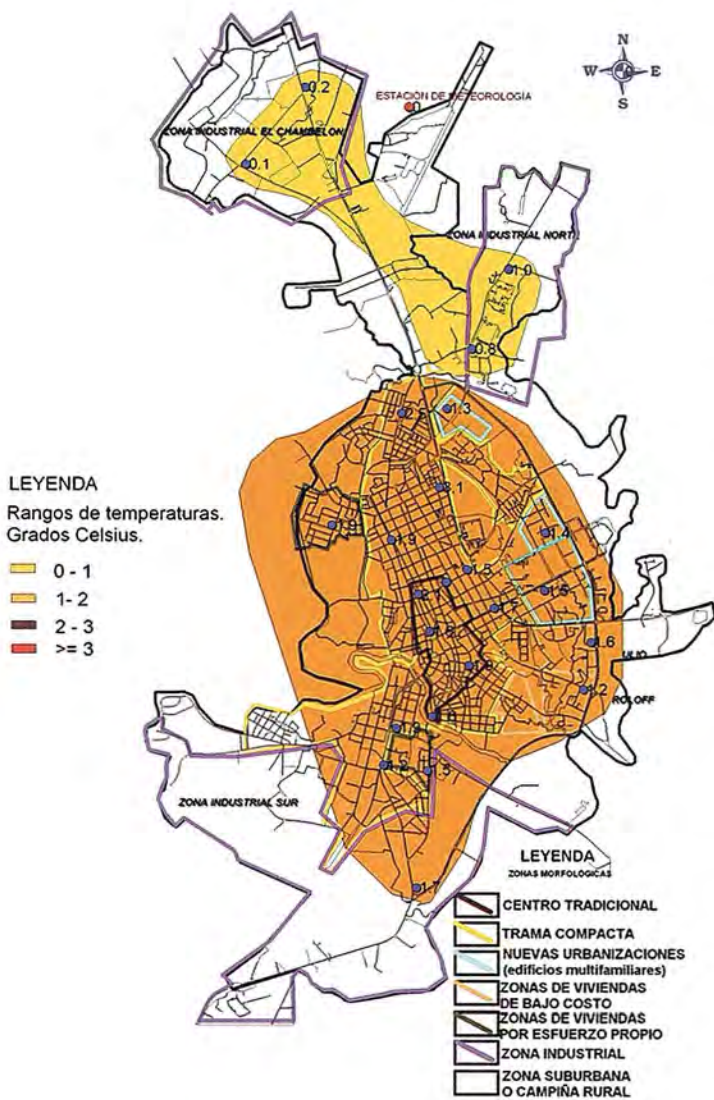
Aplicaciones y ventajas del uso de los SIG para el análisis de las islas de calor.

Los SIG permiten una cartografía más detallada de este fenómeno y por tanto mejor definición de sus características espaciales.

Además, la posibilidad de realizar operaciones estadísticas avanzadas, facilita su explicación a partir de determinadas características geográficas y estructurales de la ciudad.

La incorporación de los Sistemas de Información Geográfica a los trabajos de cartografía temática y al procesamiento de las bases de datos espaciales en los años 90 permitió mejorar la calidad de los datos en trabajos locales a mayor escala. Sin embargo, la cartografía temática desarrollada principalmente durante la década de los 80 como resultado de la colaboración científico-técnica entre los países de CAME, se encuentra en formato papel, con bases de datos no asociadas a las entidades espaciales.

En el Sistema de la Planificación Física en Cuba se están

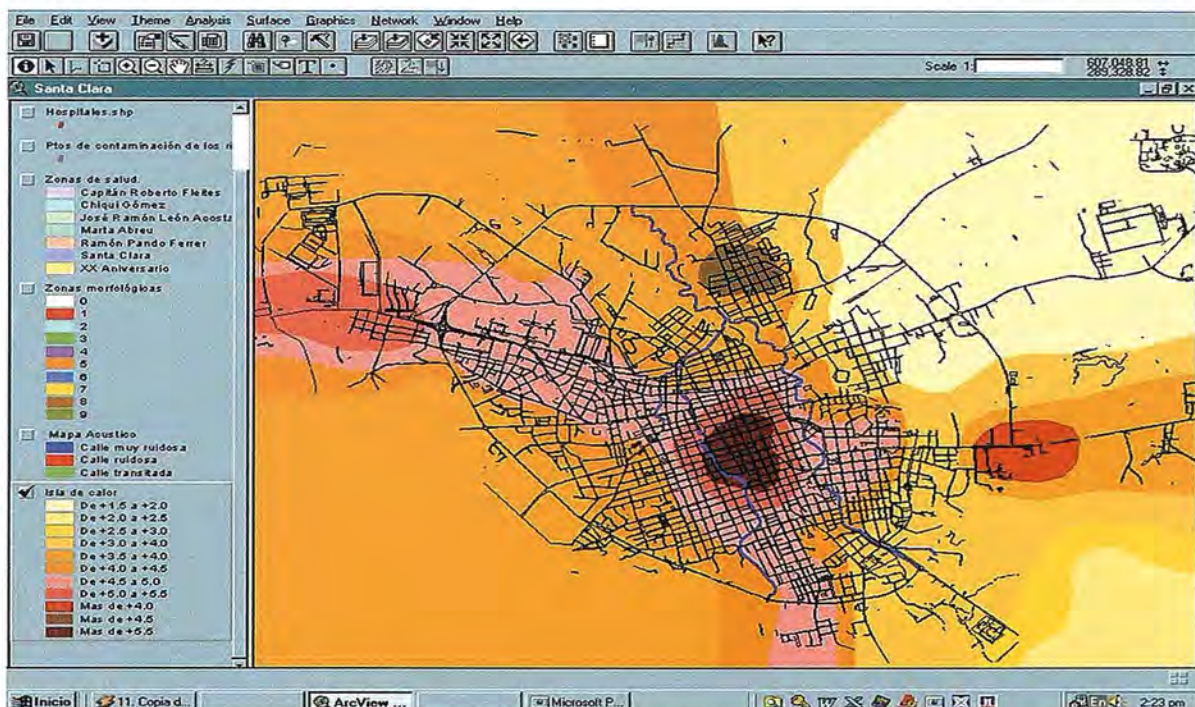


Mapa Isla de Calor. Sancti Spiritus. Valor de Referencia. 31.2

utilizando en estos momentos principalmente los SIG SCP de Mapinfo Professional, versión 6.5 y el Arc View, versión 3.2. En los casos de estudio de ejemplos se usan los dos para mostrar ambas posibilidades.

Con éste SIG SCP de Mapinfo Professional, versión 6.5, se levantó para el caso Sancti Spiritus, todo el sistema de áreas verdes actual de la ciudad por zonas morfológicas y los mapas donde aparece el "efecto de isla de calor", "isla de calor sofocante" y el comportamiento de la humedad relativa, lo cual constituye una eficaz herramienta para el planeamiento urbano a la hora de analizar el balance de calor en las edificaciones e intervenir en las diferentes zonas tipo-morfológicas de la ciudad.

Por la antes planteado se considera que se hace urgente tener en cuenta en el planeamiento de ciudades y otros asentamientos humanos que por sus extensiones superficiales y numero de población existen condiciones propicias para las aparición o incremento del efecto de isla de calor, el incremento de las áreas verdes, destacando además como aspecto primordial en el planeamiento no diseñar extensas áreas cubiertas por asfalto u hormigón, lo cual influiría negativamente en el balance de calor urbano, contribuyendo a



la aparición o reforzamiento del fenómeno antes planteado. (Ver figura 1)

Para Santa Clara se muestran resultados en Arc View, con todo un trabajo mucho más amplio en cuanto a resultados y maneras operacionales de trabajo. (Ver figura 2)

Conclusiones

1. En comparación con tareas que se realizan manualmente, la utilización de los SIG, tiene grandes ventajas en tiempo, personal, precisión y eficiencia. Así como la posible realización de tareas que hasta el momento no se habían podido llevar a cabo.

2. El trabajo plantea los principales aspectos que en el orden de LOS microclimas térmicos, acústicos, las áreas verdes y otros permitiendo el análisis, diagnóstico y toma de decisiones más precisos y eficiente para la planificación, diseños urbanísticos e intervención.

3. En esta dirección toda la información resultante de estos estudios está en esta en varias plataformas SIG, lo cual optimiza y mejora la calidad de estos trabajos y su aplicabilidad en el planeamiento y diseño urbano, al tener toda esta base de datos y documental en soporte electrónico y realizar los análisis en los planes parciales y de desarrollo de cada ciudad estudiada, así como en cada proceso

de micro localización de alguna edificación aportar las variables ambientales para cada ciudad estudiada.

Referencias

1. Álvarez, A. (1997). *Atlas bioclimático, acústico y energético de aplicación al diseño y construcción de viviendas en Villa Clara.* / Arnoldo E. Álvarez López, Julio César González Domínguez, Ernesto G. Cepero Salgado. UCLV, Santa Clara.

2. Álvarez, A. (1994): *Diagnóstico y regulaciones del ambiente térmico en espacios urbanos y exteriores en el trópico-húmedo.* Arq. Arnoldo Eduardo López – GCD; UCLV; -106p.

3. Álvarez, A. (1991): *Impacto de las condiciones ambientales en la planificación de las ciudades cubanas. Santa Clara un ejemplo.* / Arnoldo E. Álvarez López. -II congreso internacional de ordenación del territorio (España), -17p.

4. Álvarez López, Arnoldo E. (1995). *Acondicionamiento Ambiental. Fundamentos para la ordenación territorial y el diseño urbano.* UCLV, Santa Clara.

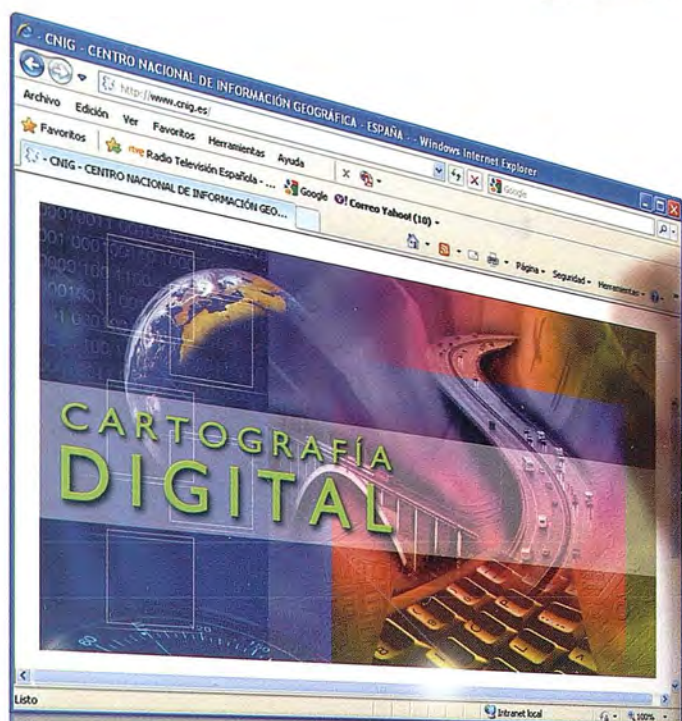
BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN MAPPING

Deseo suscribirme a la revista MAPPING por 1 año al precio de 120 euros para España
Forma de pago: Talón nominativo o transferencia a nombre de REVISTA MAPPING, S.L.
CAJA MADRID: Pº. de las Delicias, 82 - 28045 MADRID Nº 2038-1732-55-3001376203
Enviar a: REVISTA MAPPING, S.L. - C/ Hileras, 4, 2º, Of. 2 - 28013 MADRID.

Nombre NIF ó CIF
Empresa Cargo
Dirección Teléfono

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

cartografía digital



www.cnig.es



BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN1000, 500, 200, 25),
MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50, 25),
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 200, 25),
LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,
ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS,
<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

Oficina central y comercialización:
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es