

# WORLDWIDE

Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MEDIO AMBIENTE

TELEDETECCIÓN

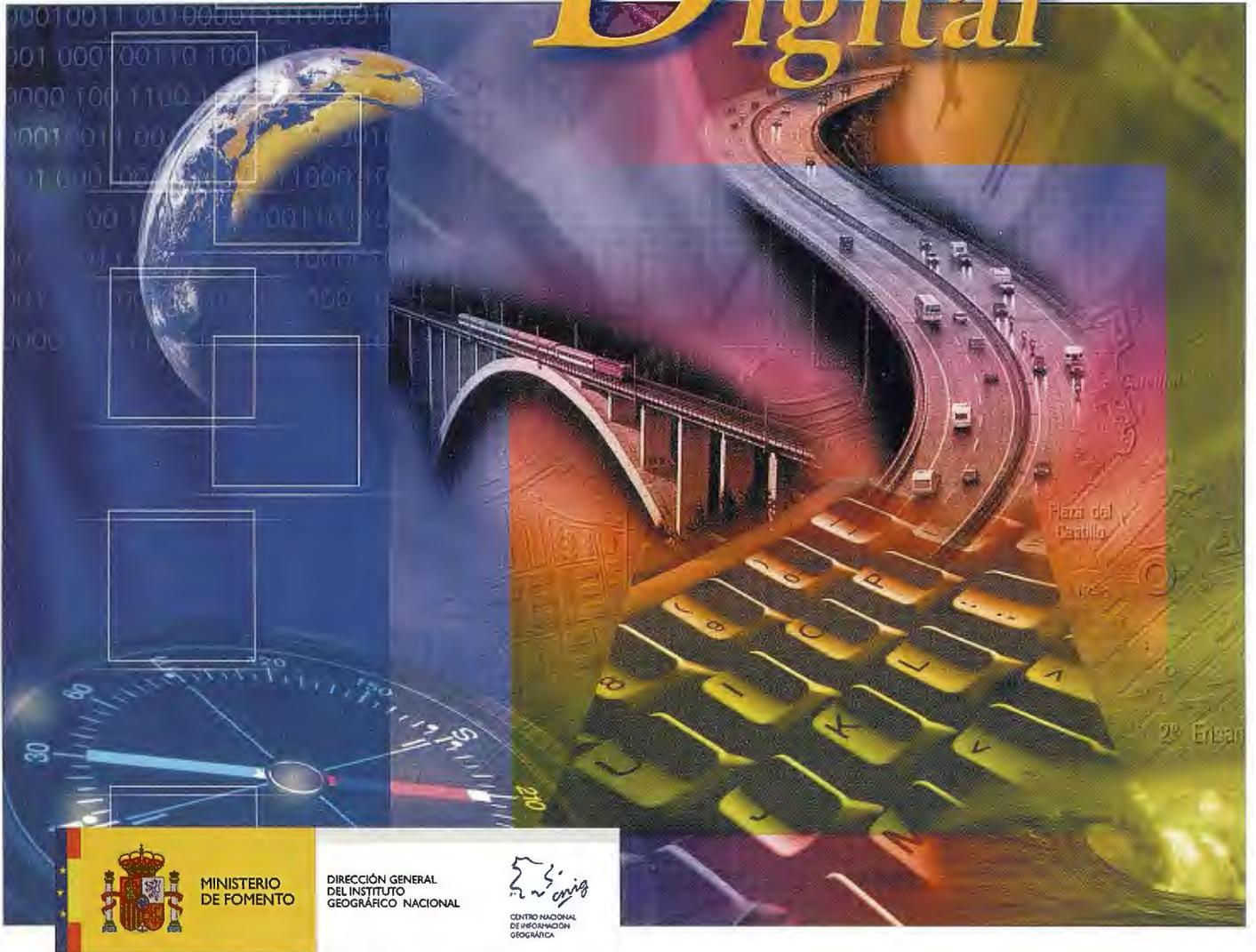
CARTOGRAFÍA

CATASTRO

TURISMO



# Cartografía Digital



MINISTERIO  
DE FOMENTO

DIRECCIÓN GENERAL  
DEL INSTITUTO  
GEOGRÁFICO NACIONAL



CENTRO NACIONAL  
DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA

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,  
FOTROGRAFÍA AÉREA, MAPA POLÍTICO DE EUROPA,  
MAPA POLÍTICO DEL MUNDO, CALLEJEROS Y OTROS PRODUCTOS.

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](mailto:consulta@cnig.es) • <http://www.cnig.es>

# 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

# MAPPING

## 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 DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE ASISTENCIA AL GUIADO GPS PARA TRACTORES AGRÍCOLAS, EMPLEANDO TECNOLOGÍAS DE REALIDAD AUMENTADA

20 "APLICACIÓN DE UN SISTEMA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL SOPORTE DE LA TOMA DE DECISIONES EN EL SISTEMA DE SALUD A NIVEL PRIMARIO " REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

27 BASES DE DATOS ESPACIALES SPATIAL DATABASES

30 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y SU EMPLEO EN LA GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES

38 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL DRAGADO DEL TRAMO DEL RIO ALMENDARES DESDE CALLE 23 HASTA LA DESEMBOCADURA.

47 PRAGMÁTICA ASTRONÓMICA DEL REY FELIPE II.

52 TRANSPORTE NTRIP DE TRANSFORMACIONES GEODÉSICAS Y ONDULACIONES DE GEOIDE A TRAVÉS DE MENSAJES RTCM 3.1 EN REDES GNSS LOCALES Y REGIONALES

59 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES Y EDUCACIÓN

67 SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL MUNICIPAL E INTERMUNICIPAL -SITMI- EN GUATEMALA

72 EXPERIENCIA PILOTO PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOCALIDADES CON CARACTERÍSTICAS URBANAS Y SEMI URBANAS. CASO DE ESTUDIO EN CIUDAD DE LA HABANA, CUBA

83 LA DEFORESTACIÓN DE LOS BOSQUES TROPICALES: UNA REVISIÓN

**Foto Portada:** Porulano del Mediterraneo 1497 1:5.200.000. Iehuda Ben Zara. Alejandría. Biblioteca Apostólica Vaticana. Ed. Encuentro 1983 **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](http://www.mappinginteractivo.com). E-mail: [mapping@revistamapping.com](mailto: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.

# One 4 all

Portatil con GPS y GLONASS  
Desde el metro al cm en RTK

ter cm meter dm meter cm meter dm meter cm dm meter cm meter dm met



# Diseño, implementación y evaluación de un sistema de asistencia al guiado GPS para tractores agrícolas, empleando tecnologías de realidad aumentada

Javier Santana Fernández, Jaime Gómez Gil, Pablo Butrón Rúa.  
Universidad de Valladolid.

Departamento de Teoría de la Señal, Comunicaciones e Ingeniería Telemática.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.

---

## Resumen

La línea entre el mundo real y el mundo virtual es cada vez más delgada. La información de los sistemas digitales se filtra cada vez más en las actividades diarias de las personas. Buena prueba de ello es el desarrollo de la Realidad Aumentada (RA). El proyecto que aquí se presenta desarrolla un sistema basado en RA y GPS, el cual servirá como asistencia al guiado de un tractor en una parcela agrícola. El tractor empleado ha sido equipado con un ordenador portátil, un monitor LCD, una cámara *Genius VideoCAM Slim USB2* que captura en 640x480 a 25 fps, y un receptor GPS *Novatel Smart Antenna V1*, configurado para ofrecer datos de posicionamiento a una frecuencia de 5 Hz. Se ha decidido emplear RA dada la versatilidad que presenta esta tecnología, mediante la cual se proporciona la información deseada de forma clara; mejorando de esta forma los actuales sistemas de guiado. A lo largo de este trabajo se presentan uno a uno los distintos temas en los que este se sustenta y las conclusiones obtenidas a partir de los estudios teóricos y prácticos realizados durante su ejecución. Al terminar las pruebas de campo, realizadas con éxito en varias parcelas de Aguilar de Bureba (Burgos), podemos afirmar la rentabilidad y viabilidad de dicho proyecto, al poder implementarse de forma rápida y económica en un vehículo agrícola. La aplicación desarrollada se espera ampliar en futuros trabajos. Entre ellos estaría el uso de un dispositivo de visualización montado en la cabeza, con un sistema inercial que detectase la dirección en la que mira el agricultor.

**Palabras clave:** Realidad aumentada, GPS, asistencia al guiado, agricultura de precisión, ancho de trabajo, Quadtree.

## Abstract

The bounds between the real and virtual world are becoming increasingly blurred. Information provided by digital systems is more present each day in our daily activities. A good example of this is the development of Augmented Reality (AR). The present project develops a system based on Augmented Reality (AR) and GPS technologies which is designed to assist the guidance of tractors through agricultural plots. The tractor employed in this project has been equipped with a laptop, LCD monitor, a Web-camera *Genius VideoCAM Slim USB2* able to capture 640x480 at 25 fps, and a *Novatel Smart Antenna V1* GPS receiver configured to provide positioning data at a frequency of 5 Hz. AR is a versatile technology, which applied to agricultural guidance systems, provides clear and precise information, improving the existing mechanisms. The following chapters explain the main aspects and topics behind the project and offer an account of the conclusions derived from the theoretical and

practical studies involved in our research. As the final stage of this project, the new guidance system was tried out in several plots in Aguilar de Bureba (Burgos). The successful testing proves the efficiency and viability of an AR-based guidance system as an inexpensive device which can be quickly and easily implemented. The relevance of the present project can also be judged in terms of its potential of future developments. One possible implementation would be the inclusion of see-through glasses, with an inertial system detecting users' gaze, as part of the device.

**Keywords:** Augmented reality, GPS, support guided, precision agriculture, working width, Quadtree.

## 1. Introducción

En los últimos años las comunicaciones interpersonales son cada vez más cercanas. Ejemplos de ello son el uso de 3G en la telefonía móvil o las nuevas redes sociales de internet, que permiten intercambiar texto, sonido y vídeo en tiempo real, facilitando así la interacción entre los distintos usuarios. En el campo de la ingeniería, las nuevas herramientas tienden a ofrecer un entorno de percepción cada vez más inmersa, de manera que la persona pueda comprender e interactuar de forma natural con un entorno inmediato o distante.

Esta inmersión de la persona en la información, muchas veces va más allá de lo que los sentidos pueden percibir por ellos mismos e intentan así aumentar la capacidad de percepción del individuo. Unos prismáticos son un ejemplo sencillo de aumento de la capacidad perceptiva de una persona, un aparato para la sordera o unas gafas graduadas también; pero estos tres ejemplos lo único que hacen es corregir o potenciar unos sentidos de los que el individuo dispone por naturaleza. La tecnología ha permitido también añadir información elaborada a lo que estamos percibiendo. Esta información, no la tendría la persona de forma natural, sino que debería utilizar diferentes aparatos de medida para obtenerla, y crear una asociación mental de lo que está percibiendo con los datos suplementarios. Cuando se presenta a una persona información convencional del mundo real, donde se añaden datos más o menos elaborados, hablamos de que se está haciendo realidad aumentada.

Una definición clásica de RA es la Azuma [Azum97], por ser una de las más concretas, aunque no llega a cubrir al 100% lo que se entiende por RA. Según Azuma, la realidad aumentada es un entorno que incluye elementos de Realidad Virtual y elementos del mundo real. Siguiendo esta definición, entendemos por un sistema de RA aquel que combina mundo real y mundo virtual, es interactivo en tiempo real y se registra en 3 dimensiones.

Así pues, un sistema de RA necesitará un medio de capturar la imagen del mundo real (una cámara de vídeo o una webcam), una máquina capaz de crear imágenes sintéticas y de procesar la imagen real añadiendo esta información (un procesador y software específico para esto) y un medio en el que proyectar la imagen final (una pantalla). En función de la aplicación, existen diferentes maneras de construir y mostrar la realidad aumentada. A veces interesa añadir la información de forma numérica, textual, en forma de líneas, realizando cambios de coloración o bien añadiendo objetos que no estaban presentes en la escena. Cuando lo que se trata es una secuencia de imágenes aparecen las restricciones del tiempo de proceso para la correspondencia y mezcla de la información.

El incremento del número de aplicaciones donde se combina lo real con lo virtual hizo aparecer un concepto más amplio llamado *Mixed Reality* (realidad mezclada). Paul Milgram, uno de los investigadores más activos en el tema, define un intervalo continuo desde los entornos reales hasta los virtuales [Milg94], donde la RA es una parte del área general de la realidad mezclada. Los sistemas de Realidad Mezclada se encuentran entre los extremos del intervalo continuo, y en ellos los mundos real y virtual se combinan en distintas proporciones y se presentan como un todo unificado, como se ve en la Figura 1-1:

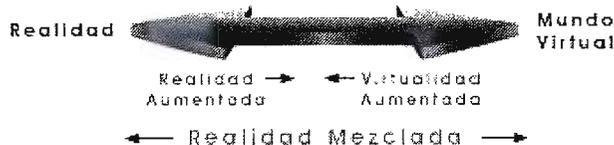


Figura 1-1: Intervalo continuo Realidad-Virtualidad de Milgram.

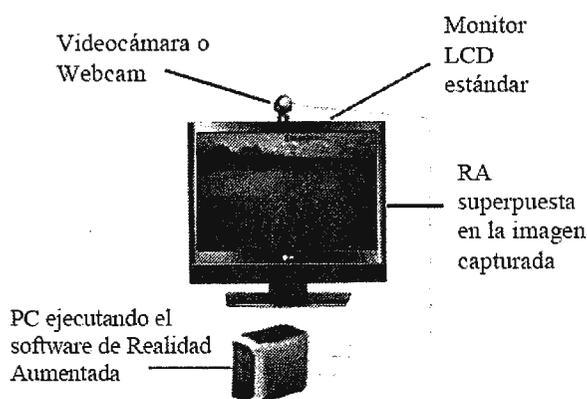


Figura 1-2: Arquitectura de RA basada en monitor.

Dentro de este espectro, se focalizará el estudio en las aplicaciones de realidad aumentada, donde en un entorno mayoritariamente real se introduce alguna información virtual. Tenemos que hablar ahora de dos procesos: cómo se hace la mezcla de información real y virtual, y cómo se alinean estas informaciones para que el usuario las perci-

ba correctamente. La presentación de la información al usuario se plantea habitualmente con el uso de un casco de realidad virtual del tipo HMD o unas see-through glasses. Para nuestro sistema se ha elegido una arquitectura de RA basada en monitor, en la que a las imágenes capturadas por una videocámara se le añadirá información extra, mostrando el resultado en una pantalla LCD. La arquitectura es similar a la que aparece en la Figura 1-2.

Cuando se desarrolla un sistema mediante RA uno de los problemas que se presentan es el alineamiento entre el mundo real y el mundo virtual, es decir, la correspondencia o en terminología inglesa *registration*. Consiste básicamente en hacer que la estructura tridimensional del mundo virtual corresponda con la del mundo real para que las informaciones que se aportan se representen en el lugar correcto. También es necesario conocer la posición del observador y hacia dónde está mirando para saber cómo proyectar el mundo virtual. Si el usuario lleva puesto un casco de realidad virtual con un sensor de posición y orientación puede resolver esta necesidad [Polh05], si lleva una cámara se pueden utilizar técnicas de visión por ordenador para resolver la posición y orientación a partir de cierto número de puntos conocidos [Fisc81].

## 2. Estado del arte en el campo de la RA.

Los sistemas de Realidad Aumentada, como ya vimos, pueden considerarse una variación o ampliación del concepto de Entorno Virtual (EV). En los sistemas de RA, el entorno es real y se complementa o aumenta con elementos virtuales. Pese a que ambos campos tienen una problemática y un origen común, históricamente se han dedicado mayores esfuerzos de investigación a los EV que a la RA. En 1966 Sutherland desarrolló el primer prototipo de casco de visión (*Head-Mounted Display*, HDM) denominado "Espada de Damocles" por su aparatosidad [Burd03]. Este sistema, a pesar de no registrar explícitamente objetos virtuales 3D con objetos del mundo real, puede considerarse un ejemplo de la combinación real-virtual, ya que utilizaba tecnologías ópticas que permitían captar directamente el entorno circundante.

En la última etapa de los ochenta y principios de los noventa, la investigación en RA experimenta un auge considerable [Azum99]. A finales de los noventa se ponen en marcha conferencias como *IEEE International Workshop on Augmented Reality (IWAR)* o *ACM International Symposium on Mixed Reality (ISMAR)*. Desde el año 2002, ACM e IEEE unen sus conferencias en *IEEE-ACM Joint International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*. También a finales de los noventa se fundan consorcios interdisciplinarios dedicados al estudio de la RA, como el Laboratorio de Sistemas de Realidad Mixta en Japón y el proyecto *ARKIVA* en Alemania. En 1997 Azuma publica uno de los primeros estudios que define la RA, plantea sus problemas y resume su desarrollo hasta ese momento [Azum97]. En el año 2002 arranca la primera edición de la conferencia *IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop (ART)*, dedicada específicamente a investigaciones y aplicaciones de Realidad Aumentada desarrolladas utilizando la librería ARTToolkit.

Uno de los factores que determina en mayor medida las características de un sistema de RA es el espacio de traba-

jo en que dicho sistema se va a utilizar. Los sistemas de RA pueden aplicarse tanto en entornos interiores (habitualmente locales cerrados como museos, edificios o laboratorios) como en exteriores (entornos al aire libre). El trabajo en entornos exteriores se dificulta debido a la limitación existente en el uso de herramientas que faciliten la combinación real-virtual. Los entornos interiores pueden prepararse para facilitar la integración de los objetos virtuales, por lo que el diseño de sistemas para este tipo de entornos resulta menos complejo. En interiores, la determinación de la pose (posición y orientación) del usuario o cámara puede realizarse mediante sensores de localización mecánicos, magnéticos, ultrasónicos y ópticos. Este tipo de sensores ofrecen resultados bastante precisos, en gran parte porque el entorno puede ser perfectamente preparado colocando marcas, señales, emisores, etc., que pueden ser detectados de forma fácil y precisa [Reki98], [Moli98], [Foxl03]. Aunque los sistemas de RA para entornos interiores son útiles en un gran número de campos de aplicación (como medicina, educación, comunicaciones, etc.), los esfuerzos de investigación en RA se están dirigiendo a la producción de sistemas que se puedan utilizar en exteriores. Los avances recientes en informática móvil y el desarrollo de nuevos sistemas de seguimiento de gran alcance y precisión facilitan la exploración de entornos exteriores con sistemas de RA.

Los sistemas de RA en exteriores necesitan utilizar sensores de localización de gran alcance, como sensores magnéticos, inerciales, GPS, etc. La precisión que puede alcanzar este tipo de sistemas depende generalmente del costo del hardware y de la ausencia de determinados fenómenos en el entorno que puedan interferir en la medición [Fein97]. Como alternativa, algunos autores plantean la posibilidad de utilizar sensores de bajo coste para la estimación de la pose. El margen de error en este tipo de sensores obliga generalmente a combinarlos con otras técnicas de localización, habitualmente basadas en la incorporación de técnicas de visión por ordenador. Los sistemas híbridos basados en sensores de bajo coste y apoyo en técnicas de visión se han aplicado en trabajos como [Auer00], [Vlah02] o [Piek04].

Actualmente, uno de los retos en la construcción de sistemas de RA es lograr un sistema de RA ideal, portable, lo más ligero, pequeño y potente posible, que permita al usuario explorar libremente cualquier entorno no preparado. Aunque las aplicaciones en exteriores ofrecen posibilidades tentadoras, hasta el momento se han construido pocos prototipos de RA capaces de trabajar en este tipo de entornos de forma precisa. En la mayoría de prototipos funcionales, el usuario debe acarrear una pesada mochila con la CPU y periféricos, un HDM y guantes de interacción [Piek04]. Entre los trabajos publicados que pretenden aumentar la portabilidad de los sistemas de RA podemos destacar aquellos dirigidos a su implantación sobre TabletPC [Zhu03], PDAs o sobre teléfonos móviles [Moeh04]. Estos trabajos están enfocados fundamentalmente a portar tecnologías conocidas, destacando una versión de ARToolkit para sistemas PocketPC presentada por Wagner et al. [Wagn05].

Otros dos puntos a tener muy en cuenta a la hora de desarrollar una aplicación de RA, son las restricciones que

existen al registrar el mundo real con el virtual, y la necesidad de un seguimiento preciso de la posición de la cámara o el observador. Muchos esfuerzos de investigación se han dirigido a solucionar problemas de registro [Fuhr99] [Coel04] aunque el problema es difícil de resolver debido al gran número de fuentes de error implicadas en el sistema. Los errores de pequeña magnitud son perceptibles por el usuario, y pocos sistemas de seguimiento comerciales (de los que depende en gran medida el registro) pueden proporcionar la precisión requerida en la mayoría de aplicaciones [Azum99]. En muchas aplicaciones de RA el registro se refuerza localizando objetos de referencia en el entorno. Estos objetos de referencia pueden ser LEDs [Baju95] o marcas. Las técnicas mencionadas se basan en determinar la proyección relativa entre los objetos en el entorno y la cámara de vídeo. El proceso es complejo porque tanto la detección de características como el emparejamiento con los objetos virtuales deben ejecutarse en tiempo real y ser robustos. Habitualmente es necesario utilizar sistemas hardware basados en sensores específicos. Una vez determinada la relación de proyección, pueden aplicarse técnicas de seguimiento visual (*visual servoing*) para garantizar el registro en tiempo real [Comp03]. En los últimos años se han producido avances significativos en las técnicas de registro, pero estos avances no permiten considerar el registro como un problema resuelto. Muchos sistemas imponen restricciones, como suponer que los puntos de vista o los objetos de la escena permanecen estáticos o son muy conocidos. Aún si el punto de vista o los objetos pueden moverse, suelen imponerse restricciones en las distancias máximas que pueden recorrer. El registro puede realizarse bajo circunstancias controladas, a menudo con un número pequeño de objetos del mundo real o con objetos conocidos para el sistema. La implementación de técnicas de registro se convierte en una tarea ardua debido a la complejidad de los métodos y el hardware adicional requerido [Azum01].

En cuanto a los métodos de seguimiento basado en sensores la localización del observador en un entorno exterior amplio suele basarse en sensores alternativos a los utilizados habitualmente en un Entorno Virtual (sensores mecánicos, ópticos o de ultrasonido). La estimación de la posición suele realizarse mediante unidades GPS o sensores inerciales (acelerómetros), mientras que para la dirección de observación se utilizan sensores magnéticos (compases digitales) o inerciales (giróscopos e inclinómetros). Son numerosas las investigaciones realizadas que utilizan sensores hardware para implementar el sistema de seguimiento. Por ejemplo, en la Universidad de Colombia se han realizado trabajos sobre el uso de interfaces para el diseño de sistemas de RA móviles (MARS) que permitan a los usuarios recorrer libremente un entorno. Como resultado de estas investigaciones se han desarrollado los sistemas *Touring Machine*, *Situated Documentaries* [Holl99a] y *ARQuake*. Por último, en coordinación con investigadores del Laboratorio de Investigación Naval de Washington, se desarrolló el sistema BARS [Juli00b].

Los sistemas de seguimiento basados en técnicas de visión pueden utilizar técnicas de procesamiento de imágenes o técnicas de visión por ordenador para mejorar el registro. Los sistemas de RA basados en vídeo cuentan con

# Venta, Alquiler y Reparación de Instrumentos Topográficos

Servicio Técnico · Servicios Especiales Topografía

**ENCUENTRE SU EQUIPO ROBADO**



- LOCALIZADOR GPS INTEGRADO EN SU EQUIPO TOPOGRÁFICO
- VISUALIZACIÓN EN GOOGLE EARTH DE TODOS SUS MOVIMIENTOS
- ALARMA DE PERÍMETRO DE SEGURIDAD
- CONECTADO A CENTRAL RECEPTORA DE ALARMAS
- COBERTURA MUNDIAL



DESDE: **695 €**

# ACRE

[www.grupoacre.com](http://www.grupoacre.com)

**Leica**  
Geosystems

[grupoacre@grupoacre.com](mailto:grupoacre@grupoacre.com) 902 490 839  
Autovía A42 Salida 35 Pol Ind Los Pradillos, Illescas  
Calle del Cromo, 14, Pol.Ind San Cristobal, Valladolid

**NUEVA DELEGACIÓN  
EN CASTILLA Y LEÓN**

una imagen digital del entorno real, lo que permite detectar características en el entorno y utilizarlas para forzar el registro. La incorporación de técnicas de visión por ordenador en el sistema de seguimiento puede realizarse de dos formas distintas: por un lado, es posible mejorar el registro localizando puntos de referencia en el entorno (seguimiento basado en marcas); como alternativa, se pueden utilizar técnicas de reconocimiento de patrones para realizar el registro [Iu96]. De forma general, el seguimiento basado en técnicas de visión por ordenador es preciso pero no fiable debido a problemas de oclusión, sombras y movimientos rápidos. Por otra parte, los algoritmos implicados presentan un coste temporal elevado que, en la mayoría de los casos, no es asumible en aplicaciones que deben ejecutarse en tiempo real. Entre las principales propuestas de marcadores realizadas podemos destacar el sistema TRIP (*Target Recognition using Image Processing*) [Lope01], el sistema de anillos coloreados multiresolución de Cho, Lee, y Neumann [Cho98], el sistema CyberCode [Reki00] y el propuesto en la librería ARToolkit propuesta por Hirokazu Kato y Mark Billingham [Kato00]. Esta librería ha sido utilizada en un gran número de aplicaciones en interiores como el MagicBook [Bill01] o el propuesto por Kalkusch et al. [Kalk02], en el que presentan un sistema de seguimiento basado en ARToolkit y sensores inerciales (*Intersense InterTrax2*). El sistema permite al usuario seleccionar un destino dentro del edificio, determina el camino más corto y lo guía hasta él mediante señales visuales. Otros ejemplos del uso de esta librería en aplicaciones interiores los tenemos en [Kato99] [Sinc01] [Wagn05], así como en algunas aplicaciones en exteriores en las que esta combinada con otras técnicas para dar lugar a un sistema híbrido.

Existen otras aplicaciones similares a las propuestas Kalkusch et al. [Kalk05], pero presentan limitaciones como la restricción en la cantidad de patrones a utilizar [Reki98], mayores oscilaciones [Moli98], mayor cantidad de marcas dentro del campo de vista de la cámara [Foxl03], etc. Estas técnicas se aplican generalmente en interiores con resultados aceptables, pero resulta difícil extender los sistemas para que funcionen en el exterior. Normalmente, los sistemas para entornos exteriores suelen incorporar sensores hardware para reforzar el seguimiento, dando lugar a sistemas híbridos.

Se han desarrollado distintas técnicas para intentar realizar un seguimiento fiable basado en la detección de objetos conocidos en la escena. En muchos casos, el seguimiento se realiza comparando la imagen actual con un conjunto de imágenes de referencia [Stri01] [Chia02]. Las imágenes se capturan y registran de forma previa utilizando un sistema de seguimiento basado en sensores o en marcas, pudiendo incluirse algoritmos de aprendizaje en el mismo [Genc02].

Algunos autores plantean una aproximación alternativa basada en el seguimiento visual de características. Comport et al. [Comp03] proponen un algoritmo de seguimiento basado en un modelo 3D del entorno real. El algoritmo realiza el seguimiento de la proyección de objetos en movimiento en la escena, incluyendo líneas, circunferencias, cilindros y esferas. La técnica utilizada, denominada *virtual visual servoing*, se ha aplicado históricamente al guia-

do de robots [Cork96]. La técnica de seguimiento planteada por Comport et al. ha sido revisada recientemente por distintos autores, combinándola con sensores inerciales y técnicas de filtrado de la señal [Schö04], con cámaras de ojo de pez [Koch05] o añadiendo técnicas de registro manuales en línea [Mari05].

Aunque las técnicas de seguimiento basadas en reconocimiento de características son muy prometedoras, los sistemas actuales no han avanzado lo suficiente para permitir el desarrollo de sistemas de seguimiento explotables. Todos los sistemas presentados precisan la intervención manual previa del usuario, o bien presentan tiempos de proceso que no permiten su ejecución en tiempo real. En la totalidad de sistemas funcionales, las técnicas basadas en visión se integran en soluciones híbridas combinándolas con otras tecnologías.

### 3. Evolución del guiado agrícola

En aplicaciones de carácter agrícola con elevado ancho de trabajo, como pueden ser la distribución de fertilizantes, la aplicación de herbicidas, mover el terreno (arar y gradar) o la siembra, es de vital importancia para el tractorista mantener la distancia entre las diferentes pasadas. Ahorrrando así recursos, tiempo y dinero, y mejorando la producción.

En este trabajo se desarrolla una herramienta software que permite al agricultor guiarse cuando está realizando tareas con un ancho de trabajo elevado. El aspecto más innovador de esta aplicación, es el empleo de RA en tiempo real. Al superponer la información virtual sobre la propia imagen que está viendo el tractorista, se facilita el entendimiento de la situación y la consiguiente actuación del usuario en cada instante. Nuestro trabajo surge como una evolución de los anteriores sistemas de guiado, por lo que a continuación haremos un repaso de los diferentes mecanismos existentes.

#### 3.1 Guiado por aproximación visual, con marcadores mecánicos y con marcadores químicos

En la aproximación visual el tractorista calcula de forma aproximada la distancia desde el centro del tractor al extremo del terreno a trabajar. Según se realiza la pasada, el tractor deja la marca de las rodadas en el terreno, lo que sirve de guía para posteriores pasadas. La Figura 3-1 (arriba izquierda) ilustra cómo se realiza este tipo de guiado. Esta técnica tiene el inconveniente de que es muy poco precisa y no permite trabajar a distancias mayores de 15 metros sin que los errores sean muy significativos.

En el guiado con marcadores mecánicos el tractorista podrá observar las distintas pasadas mediante un surco que los marcadores realizan sobre el terreno. Estos tipos de marcadores se utilizan sobre todo en las labores de la siembra. En Figura 3-1 (arriba derecha) podemos ver un ejemplo.

El guiado con marcadores químicos o de espuma, se hace mediante un par de aplicadores situados en los extremos del apero del vehículo. Se marca el camino que se recorre conforme se realiza una pasada, de modo que, con las marcas, se puede alinear la siguiente pasada. La Figura 3-1 (abajo) muestra cómo se realiza el guiado durante la aplicación de herbicidas.

Estas técnicas tienen varios inconvenientes. Para el uso de marcadores mecánicos el suelo debe tener la suficiente hu-

medad para facilitar el deslizamiento de los marcadores sobre la superficie de trabajo, para evitar el consumo de esfuerzo innecesario. El guiado mediante espuma cuenta con la imposibilidad de interrumpir un trabajo para reanudarlo posteriormente (puesto que la espuma se seca). Además, en ambos casos se hace imposible trabajar en condiciones de poca visibilidad.



Figura 3-1: Arriba izquierda: el tractorista ve las marcas en el terreno que le sirven como referencia. Arriba derecha: Ejemplos de marcadores mecánicos empleados en la siembra. Abajo: Guiado mediante marcadores de espuma durante la aplicación de herbicidas.



Figura 3-2: Izquierda: Vista frontal de AGROSAT. Centro: Sistema CenterLine. Derecha: Sistema GreenStar.



Figura 3-3: Izquierda: sistema AGROGUIA. Centro: Display GreenStar 2600 de John deere. Derecha: Sistema de guiado Topcom PCS-100.

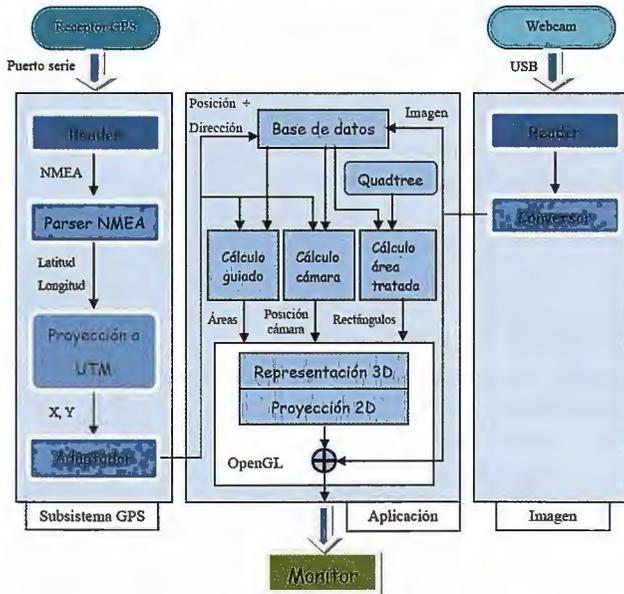


Tabla 4-1: Diagrama detallado de la aplicación.

### 3.2 Guiado GPS: mediante barra de luces o con pantalla que representa el terreno

El principal destino de estos sistemas es la distribución de fertilizantes y la aplicación de herbicidas en parcelas cerealistas. Actualmente se ofertan en el mercado aproximadamente una docena de estos sistemas, la mayoría de origen estadounidense, y orientados a trabajar en parcelas

grandes de geometría regular, indicando al operario el sentido y la magnitud de lo que tiene que mover el volante en cada momento para realizar una pasada paralela a la pasada anterior. Podemos ver algunos de estos sistemas en la Figura 3-2.

Por otro lado, tenemos los sistemas que pintan en pantalla las trazadas realizadas. La principal característica de estos sistemas, es que nos permiten saber en todo momento qué zonas se han tratado y cuáles no, gracias a la representación en una pantalla. Esto es de gran utilidad a la hora de planificar el trabajo de la finca. Muchos de ellos son capaces de medir el área tratada, el área por perímetro y la distancia, permitiéndonos ver los datos en el PC una vez terminado el trabajo. En la Figura 3-3 podemos ver algunos de estos modelos.

### 4. Diseño del sistema

La aplicación que hemos desarrollado, aparece representada en la Tabla 4-1:

La aplicación consta de 3 módulos fundamentales: el subsistema GPS, que se encarga de todo lo relacionado con la posición actual, el subsistema imagen en el cuál se capturan las imágenes de la cámara y finalmente el bloque principal, que es el encargado de procesar la información y mostrar el resultado al usuario usando los datos de ambos subsistemas.

A continuación, se describe de forma más detallada cada uno de los bloques representados en la Tabla 4-1:

#### 4.1 El receptor GPS

Toda la funcionalidad del sistema se basa en la utilización de la información que recoge un receptor GPS, conectado a la plataforma *hardware* donde se está ejecutando la aplicación. Este receptor recibirá la señal GPS, y emitirá sentencias NMEA-0183 que nuestra aplicación deberá leer e interpretar, con el fin obtener los datos necesarios para conocer la posición del agricultor en todo momento y poder presentarla en la pantalla.



Figura 4-1: Receptor GPS Novatel Smart Antenna V1, usado en el proyecto.

#### 4.2 Subsistema GPS

El subsistema GPS tiene como objetivo la obtención de la posición y velocidad del tractor en cada momento. Para ello toma la entrada de un receptor GPS a través del puerto serie. Dentro de este subsistema tenemos:

- **Reader:** se encarga de leer la información de forma continua del puerto serie. El protocolo NMEA es orientado a línea, esto quiere decir que se interpreta línea a línea y, por tanto, es importante procesar adecuadamente la información para que los siguientes pasos sean simples. Además se encarga de que la información se lea en tiempo real aunque la aplicación que use el subsistema GPS no lo sea.

- **Parser NMEA:** extrae información de las tramas NMEA tales como la posición, velocidad, estado de la señal GPS, etc. De toda la información que se nos suministra desde el receptor, puesto que el guiado que se realiza es fundamentalmente en dos dimensiones, sólo son necesarias las coordenadas de latitud y longitud que determinan la posición en la tierra del móvil (tractor) y el tipo/calidad de la señal, que nos permitirá saber si estamos recibiendo datos válidos. Esto último es importante ya que los receptores tienen un "tiempo de arranque" durante el cual los datos no se pueden considerar válidos. En este caso las tramas GPGGA (*Global Positioning System Fix Data*) y GPRMC (*Recommend Minimum Specific GPS/TRANSIT Data*) son usadas para conocer si la señal es válida y cuál es la posición y dirección.

- **Proyección UTM:** usando el elipsoide WGS84 se proyecta la información de latitud y longitud de las sentencias NMEA, en grados y minutos, en coordenadas UTM. Así conseguimos un espacio de 2D, un plano, en el cual es más adecuado trabajar para realizar una aplicación de guiado agrícola.

- **Adaptador:** pasa las coordenadas de absolutas a relativas, de forma que en cálculos sucesivos no se produzca pérdida de precisión. Dado que los sistemas de cálculo y representación que se usan realizan operaciones en punto flotante, es preferible tratar con coordenadas relativas a la parcela y no absolutas UTM.

Como salida del subsistema tenemos la posición absoluta, que servirá para hacer representaciones en mapas (entre otras cosas), la posición relativa y la dirección actual del móvil, en este caso el tractor.

### 4.3 Calibración de la cámara

A fin de poder deducir la posición de un objeto y la orientación de una imagen se necesitan los detalles de la posición de la cámara y la orientación en el espacio relativa a algún sistema de coordenadas de referencia, denominado el sistema de coordenadas mundiales. También es imprescindible conocer la geometría de la cámara y algún proceso para encontrar los parámetros que representen dicha geometría.

Es imprescindible a la hora de considerar la geometría de una cámara saber que las lentes de la misma introducen distorsiones de dos tipos: radiales y tangenciales. Los efectos de la distorsión tangencial son menos significativos que los efectos de la distorsión radial, por lo que se puede no considerar este tipo de distorsiones. Nos quedamos pues con las distorsiones radiales, producidas por un pulido imperfecto de la lente, que se puede corregir a través de diferentes transformaciones mediante el método Tsai de calibración de cámaras.

Asimismo, se considera otro tipo de distorsión no intro-

ducida por las lentes propiamente, sino por la no correcta alineación de los centros de curvatura de su superficie óptica. Hablamos de las distorsiones por descentrado que pueden llegar a ser de varios grados. En nuestro trabajo, se ha comprobado que estos errores apenas afectan al resultado final, por lo que podemos hacer la suposición de una perfecta alineación de las lentes y considerar nulas las distorsiones de descentrado, destacando que el error cometido es ínfimo y prácticamente despreciable, ante el elevado grado de dificultad que presenta el determinar la desviación existente entre el punto principal y el centro del elemento sensor CCD.

Para una correcta integración de una imagen de vídeo (la realidad al fin y al cabo) y un modelo virtual creado artificialmente, debemos conocer la relación existente entre lo que pueden ser sus unidades de representación, como son los metros o centímetros para los objetos reales y los píxeles para las imágenes generadas por ordenador. Para ello se hace uso de una imagen o modelo de calibración. Es muy importante conocer la relación de coordenadas dadas en centímetros (u otra unidad del sistema métrico) entre la posición de un punto en el espacio real y lo que sería su representación en píxeles en la pantalla plana del ordenador. Esto nos permitirá crear una equivalencia entre el mundo 3D y el 2D a través de transformaciones matemáticas de los sistemas de referencia y coordenadas de ambos, utilizando parámetros especiales y representativos de cada uno.

Para capturar la figura que hemos elegido, debemos situarla a una distancia de X metros de la lente, sobre el suelo, en nuestro caso han sido 9 metros. La altura del tractor, también conocida, es de 3 metros. Esta es necesaria para poder realizar una proyección sobre la imagen real correcta. También es necesario conocer las dimensiones del elemento, en este caso es 30 x 30 cm (ver Figura 6-2). Además hay que asegurar unas condiciones de iluminación aceptables que nos garanticen un nivel de calidad mínimo en nuestras adquisiciones de imágenes, amén de un enfoque correcto y unas condiciones de estabilidad de todo el conjunto positivas.

Una vez se tiene la imagen registrada en la memoria del ordenador hay que tratarla digitalmente para extraer de ella la información realmente interesante y útil para nuestros fines.

### 4.4 Subsistema imagen

Este módulo únicamente cumple la misión de recoger imágenes de una cámara y entregarlas en formato BMP. Se ha escogido este formato por no aplicar ningún tipo de compresión, de modo que permite crear una matriz de colores que se puede manipular de forma simple en la aplicación. Dentro de este módulo tenemos:

- **Reader:** tiene la misma función que en el subsistema GPS, en este caso recoge las imágenes entregadas por la cámara del puerto USB.

- **Conversor:** transforma las imágenes en tamaño, brillo, color y otros parámetros relativos a la imagen y retorna una imagen en formato BMP.

### 4.5 Subsistema aplicación

En este subsistema tiene lugar el grueso de la aplicación. Para su diseño nos hemos basado en el modelo MVC

(*model, view, controller*). En nuestra aplicación (ver Tabla 4-1) la parte de *model* se corresponde con la base de datos, el *controller* son los tres módulos que se encargan del cálculo, y la *view* es la representación en el monitor. A continuación vemos de forma más detallada cada uno de los elementos que conforman el módulo aplicación:

- Base de datos: almacena en memoria, de forma estructurada con *Quadtree* los datos de posición. También almacena las imágenes, sin embargo, solo se hace con propósitos de reproducción posterior *offline* (simplemente para ver el trabajo realizado).

• Módulos de cálculo:

- Cálculo guiado: usando las posiciones antiguas, computa cual debería ser la pasada anterior y calcula una línea paralela a la distancia del ancho de trabajo.
- Cálculo cámara: calcula la posición de la cámara dadas las coordenadas de posición y la dirección.
- Cálculo área tratada: usando los datos almacenados, junto con el *Quadtree* y la información de la cámara, obtiene los rectángulos que representan la zona tratada.

• Representación 3D/2D: con los datos de posición de cámara, líneas de guiado y zona tratada, la información es representada en 3D y posteriormente proyectada a 2D (usando los datos de la calibración) para obtener la imagen que se va a superponer sobre la imagen de la cámara (indicada como un sumador en el modelo de la aplicación que aparece en la Tabla 4-1). A este elemento se le ha denominado OpenGL debido a que todo el trabajo lo hacen las librerías de OpenGL usando la tarjeta gráfica de la máquina, y por tanto, es transparente para la aplicación.

### 5. Implementación del sistema

La aplicación fue desarrollada en lenguaje Python, mediante el uso las siguientes librerías:

- pygps: utilizada en el módulo parser nmea, del subsistema GPS. La librería cuenta con un conjunto de paquetes, usados para la automatización de procesamiento de datos del GPS.
- videocapture: es una extensión de Python para Win32, que permite el acceso a los dispositivos de captura de vídeo (en nuestro caso, la cámara USB).
- pyOpenGL: es una librería que estable el punto de unión entre la plataforma de Python y las API de OpenGL. Usada para establecer un dialogo entre ambas, y permitir el acceso a las API desde Python.

A continuación veremos de forma más detallada los pilares sobre los que se sustenta la aplicación desarrollada.

#### 5.1 Base de datos: *Quadtree*

Como dijimos, aquí se almacena en memoria, de forma estructurada con *Quadtree* los datos de posición. También almacena las imágenes, con el propósito de reproducción posterior *offline*.

Las ventajas que conlleva el uso del *Quadtree* son especialmente interesantes en el cálculo de los elementos que hay dentro de una determinada área. Gracias a su estructura en árbol (ver Figura 5-1) se ahorra tiempo al descartar

las áreas que no interesan en el cálculo y procesar solo el área necesaria. Entre las desventajas se pueden destacar dos: la necesidad de incluir un procesamiento previo para calcular la estructura del *Quadtree* y el mayor consumo de memoria debido a las herramientas del *Quadtree*.

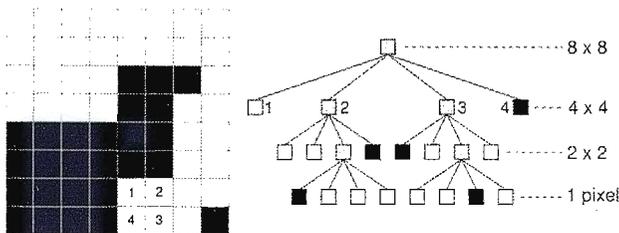


Figura 5-1: *Quadtree* aplicado en la representación de una imagen.

La principal razón por la cual se ha optado por esta herramienta en el diseño de nuestro proyecto es por su eficiencia en la búsqueda de información. Es habitual la necesidad de saber qué elementos están dentro de un área determinada con el objetivo de representarlos en una pantalla, calcular las colisiones entre los objetos estrictamente necesarios o cualquier otro uso. El *Quadtree* permite descartar con eficiencia los elementos que están fuera de un área especificada.

#### 5.2 Cálculo del guiado

Este es uno de los tres módulos de cálculo que aparecen en el subsistema aplicación. El algoritmo usado para desempeñar su función está representado en la Figura 5-2. A continuación explicaremos su funcionamiento:

La línea negra representa la trayectoria que el tractor ha seguido, siendo P la posición actual del vehículo. Buscamos el punto más cercano a P, el cual se corresponde con el punto A. Primero debemos descartar N puntos (los que están dentro de los rectángulos azules) porque, lógicamente, estos son los puntos más cercanos a la posición actual del tractor. Son justo las posiciones anteriores y carecen de importancia. En este paso se usa el *Quadtree* para descartar los puntos muy lejanos y acelerar el algoritmo. A continuación, cogemos M puntos en el tiempo, por delante y por detrás del punto A, los cuales se corresponden con los rectángulos verdes. Para cada uno de estos puntos, se calcula la normal (líneas rojas perpendiculares al camino del vehículo) en dirección al punto P, y con una distancia igual al ancho de trabajo. Finalmente, se unen estos puntos para obtener la línea que debemos seguir, la roja. Esta será la línea supuesta que deberá tomar el vehículo para ir a una distancia igual al ancho de trabajo de la pasada anterior.

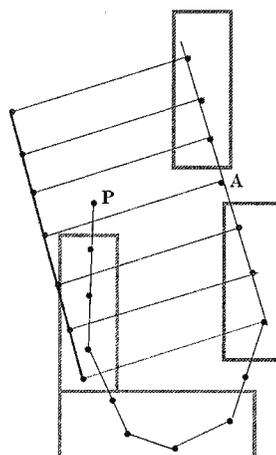


Figura 5-2: Diagrama del algoritmo de guiado.

### 5.3 Cálculo área tratada

El sistema de representación usado para indicar un área de terreno tratado es el rectángulo. Dados dos puntos consecutivos por los cuales ha pasado el móvil (en este proyecto un tractor) y dado un ancho de trabajo es posible aproximar la zona tratada con un rectángulo. Es decir, si disponemos de la posición actual del tractor ( $X_p, Y_p$ ), hemos almacenado la posición anterior que nos proporcionó el GPS ( $X_A, Y_A$ ) y trabajamos con un ancho de trabajo  $A$ , podemos calcular los vértices del rectángulo tratado entre dichos puntos como:

Vértices finales (1 y 2):	Vértices iniciales (3 y 4)
$X_f = X_p \pm (A/2) \cdot \sin \alpha$	$X_i = X_A \pm (A/2) \cdot \sin \alpha$
$Y_f = Y_p \pm (A/2) \cdot \sin \alpha$	$Y_i = Y_A \pm (A/2) \cdot \sin \alpha$

Donde:

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{Y_p - Y_A}{X_p - X_A} \right)$$

De forma gráfica se puede ver en la Figura 5-3:

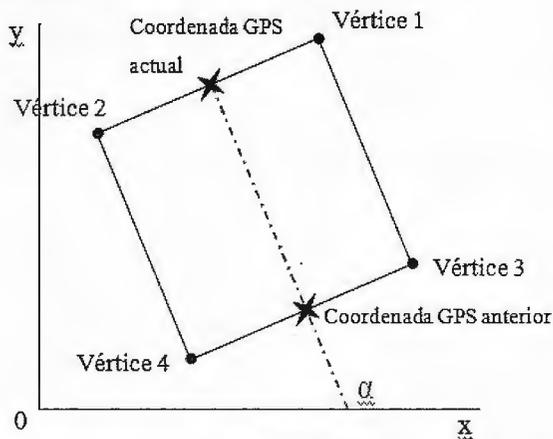


Figura 5-3: Aproximación de la zona tratada mediante un rectángulo

Con esta aproximación es posible almacenar un tramo de zona tratada de forma eficiente, en cuanto a la memoria usada, cometiendo un error aceptable.

### 5.4 OpenGL: representación 3D/2D

OpenGL ha sido usada como biblioteca gráfica para la creación de escenas 3D. Tenemos que tener en cuenta que desde el ordenador nos asomamos a ese mundo 3D a través de una ventana en dos dimensiones. Para hacer una aplicación 2D mediante una librería 3D, bastará con usar una proyección.

Para definir la proyección se emplea la función *glFrustum*, aunque existe otra función de la librería GLU llamada *gluPerspective* que hace el proceso más sencillo. Se define de la siguiente forma:

*Void gluPerspective (angulo, aspecto, znear, zfar);*

Los parámetros de *gluPerspective* son flotantes, y definen las características mostradas en la Figura 5-4: el ángulo para el campo de visión en sentido vertical, el aspecto, que es la relación entre la altura ( $h$ ) y la anchura ( $w$ ), y las distancias *znear* y *zfar* de los planos que acotan el *frustum*.

### 5.5 Lenguaje de marcado KML

La aplicación al finalizar la tarea genera ficheros de marcado KML (*Keyhole Markup Language*). KML posee una gramática XML y ha sido usado en nuestra aplicación para mostrar información de las fincas que han sido tratadas.

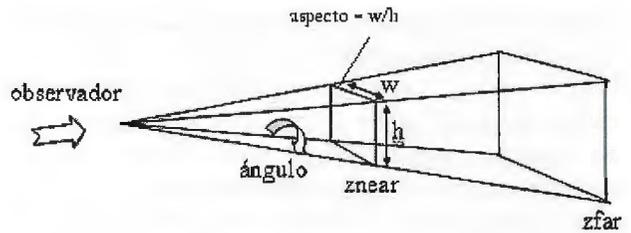


Figura 5-4: Proyección perspectiva (II).

Mediante Google Earth se procesan los archivos KML de una manera similar a como los navegadores web procesan los archivos HTML y XML. Al igual que los archivos HTML, los KML cuentan con una estructura basada en etiquetas con nombres y atributos utilizados para poder visualizarlos. Por lo tanto, Google Earth actúa como un navegador de archivos KML.

En nuestra estudio el uso de KML nos ha permitido mostrar de forma clara qué tramos han sido tratados, y cuáles no (ver Figura 6-6 y Figura 6-7).

## 6. Resultados del sistema desarrollado

Para comprobar el funcionamiento del sistema creado se han realizado pruebas en parcelas agrícolas de Aguilar de Bureba (Burgos). Estas pruebas han arrojado resultados satisfactorios que demuestran la eficacia del sistema.

### 6.1 Instalación del sistema en el tractor

El primer paso ha sido la colocación del receptor GPS y de la cámara. Para ahorrar gastos la base del receptor ha sido creada manualmente. La cámara ha sido fijada en la parte delantera de la cabina del tractor. Como veremos en líneas futuras, la fijación de los dispositivos es uno de los aspectos que deben ser mejorados. Con las vibraciones y traqueteo del tractor, la fijación no es del todo estable, pudiendo llegar a descentrar la cámara. En la Figura 6-1 podemos ver el techo del tractor con los dispositivos instalados.



Figura 6-1: Instalación

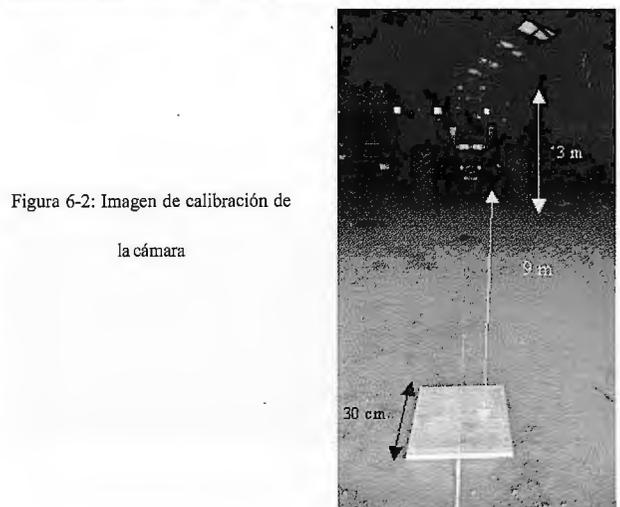


Figura 6-2: Imagen de calibración de la cámara

El siguiente paso ha sido la calibración de la cámara. Para ello se ha utilizado una figura cuadrada de 30 x 30 centímetros, la cual se ha puesto a una distancia conocida de 9 metros, fijando el centro de la figura a esta distancia. La altura del tractor también es conocida: 3 metros. Es necesario saber la altura para poder realizar las proyecciones sobre la imagen real de forma correcta (ver Figura 6-2).

Al finalizar la instalación de los elementos *Hardware* del sistema, y tras calibrar la cámara correctamente, podemos comenzar a utilizar la aplicación. Para ello, nos hemos desplazado con el tractor a una parcela agrícola. El tractor empleado en las pruebas es el de la Figura 6-3, está equipado con un equipo herbicida y cuenta con un apero de 18 metros. Por tanto el ancho de trabajo será de 18 metros, y se corresponderá con la zona tratada en cada pasada. En la Figura 6-4 podemos ver la información mostrada en la pantalla mediante la cual se guiará el tractorista. En dicha pantalla se superpone la imagen capturada por la cámara y la Realidad Aumentada.



Figura 6-3: Tractor usado en las pruebas de campo, equipado con un apero de 18 metros. En la imagen se aprecian 9 metros del apero.



Figura 6-4: Captura de la aplicación en uso. Podemos ver el error que se está cometiendo, y se nos indica que debemos corregirlo girando hacia la izquierda. Las zonas tratadas aparecen en verde.

Para recoger gráficamente datos, y poder extraer información de las pruebas realizadas, hemos usado 3 videocámaras. Una interior que capturaré la experiencia del tractorista, y dos exteriores que recogerán la trayectoria del vehículo, y sus diversas pasadas. Una de las cámaras exteriores se situó a pie de campo, y la otra a una altura de 5 metros. En la Figura 6-5 podemos ver la posición de las cámaras.



Figura 6-5: Vista de las tres cámaras empleadas para recoger datos. Una interior en la cabina del tractor, otra en un extremo la parcela, y otra desde un punto elevado en la pala de un tractor.

Al finalizar la labor agrícola, el sistema genera ficheros KML, con los que se pueden visualizar que zonas hemos tratado, mediante Google Earth. Esta función permite al agricultor planificar sus tareas, y visualizar de forma sencilla el trabajo realizado (ver Figura 6-6 y Figura 6-7).



Figura 6-6: Captura de Google Earth. Se puede ver la finca tratada.



Figura 6-7: Captura de Google Earth. Detalle de las pasadas realizadas en la parcela.

## 6.2 Experiencia percibida por el usuario

Una vez puesto en marcha el sistema, pasamos a analizar la información que el tractorista recibe de la aplicación. En la Figura 6-8 podemos ver una captura en la que se ve claramente cómo funciona la aplicación. Viendo esta imagen podemos sacar varios datos:

- La zona tratada se proyecta sobre la imagen real, mediante una capa verde.
- La línea roja central nos indica la trayectoria que debe seguir el tractor. Se corresponde con el centro del vehículo, y por tanto sabiendo que el ancho de la pasada es de 18 metros, estará situada a 9 metros de la pasada anterior. Siempre y cuando no se desplace de su trayectoria.
- El número central, que en esta captura es 0.0, nos indica la desviación instantánea que se está produciendo respecto a una pasada anterior. En caso de desviarse y dejar una zona sin tratar se le indicará como ocurre en la Figura 6-9. En este caso que está dejando una franja de medio metro sin tratar. Si la desviación se produce solapando una trazada anterior se le indicará mediante un valor negativo, como ocurre en la Figura 6-10. En esta ocasión el tractorista está metiéndose 2.7 metros por una zona ya tratada.
- Al igual que el número central, en la parte superior de la pantalla se muestra mediante una barra de flechas la corrección que el tractorista debe realizar. Como vemos en la Figura 6-8, la trazada es totalmente paralela a la pasada anterior, por lo que no se deben hacer correcciones en la dirección. No pasa lo mismo en la Figura 6-9 ó Figura 6-10. En la primera se indica que tenemos que girar un poco a la derecha para tratar la zona correctamente, en la segunda se indica que tenemos que girar bastante para

salir de la zona ya tratada. Como se puede ver el tamaño de la barra aumenta en función del error que se está cometiendo.

• En la esquina izquierda inferior de la pantalla se incluye una proyección de las trazadas mediante un plano, de forma que el tractorista pueda obtener una visión más global del terreno.



Figura 6-8: Capturado de la aplicación de realidad aumentada cuando el tractorista realiza la pasada de forma correcta. En la pantalla se indica que el error es 0.0 metros.



Figura 6-9: Capturado de la aplicación de realidad aumentada cuando el tractorista realiza la pasada en la que tiene un pequeño error de trazada hacia la derecha, y deja terreno sin tratar. En la pantalla se indica que el error es 0.5 metros.



Figura 6-10: Capturado de la aplicación de realidad aumentada cuando el tractorista realiza la pasada en la que tiene un error de trazada hacia la izquierda, y está pasando por terreno tratado. En la pantalla se indica que el error es -2.7 metros, al ser negativo nos indica solapamiento entre pasadas.

## 7. Conclusiones y líneas futuras

La realidad aumentada se está convirtiendo con el paso de los días, en una herramienta cada vez más utilizada por los desarrolladores para realizar sus aplicaciones. A la par de la RA la agricultura de precisión ha supuesto una revolución en la gestión del campo. La razón de su avance es la reducción de tiempos y costes, producido por la mejor utilización de los recursos en las labores agrícolas. Aumentando de esta forma los beneficios.

Los agricultores desean guiarse de forma precisa, y lo más clara posible, cuando están desempeñando su trabajo. En este proyecto se presenta una alternativa de bajo coste, mucho más precisa que métodos tradicionales de guiado tales como la aplicación de espuma o sistemas con marcadores mecánicos. También es más eficaz que los sistemas de guiado mediante GPS, usados en la agricultura de precisión, ya sean sistemas por barras con luces o sistemas con pantalla que representan el terreno.

Como resultado del trabajo realizado se ha conseguido una implementación funcional del sistema, creando una aplicación que ayudará al agricultor a guiarse por las parcelas de trabajo. Podemos establecer una serie de características del sistema:

- Fidedigno y seguro. La información mostrada se ajusta a la imagen real instantánea, viendo los resultados en cada momento superpuestos a la propia realidad. Esto hace que sea un sistema más seguro que el simple pintado en una pantalla (pudiéndonos servir de esta información también).
- Intuitivo.
- Amigable. Más cómodo de usar que otros métodos:
  - Marcadores con GPS: por barras de luces o pintado en pantalla.
  - Marcador mecánico.
  - Marcador químico.
  - Aproximación visual.
- Eficiente. Permite al agricultor realizar su trabajo en condiciones de visibilidad reducida:
  - Con condiciones climatológicas adversas.
  - De noche.
  - En campos de cultivo con altura elevada, con cambios de rasante.
- Cómodo. Un dispositivo sirve para cualquier tipo de trabajo independientemente del apero. Se puede intercambiar entre varios vehículos agrícolas.
- Versátil. Una vez finalizado el trabajo en la parcela, el agricultor puede ver el resultado mediante Google Earth. Ya que como vimos, la aplicación genera ficheros KML en los que se recoge la información necesaria para visualizar las trazadas realizadas por el tractor.
- Económico. El sistema tiene un bajo coste en comparación con otras herramientas.
- Extensible. Se ha creado un sistema lo suficientemente flexible y escalable para que sirva de base a proyectos futuros más ambiciosos, que amplíen las características del presente modelo.

La aplicación desarrollada es funcional y cumple con los requisitos necesarios para realizar la asistencia al guiado

agrícola. Aún así, durante la fase de análisis, hubo una serie de ideas adicionales que se dejaron fuera del diseño original para poder proporcionar un prototipo funcional en un plazo de tiempo razonable; pero que serían unas líneas de trabajo interesantes en caso de continuar con el desarrollo de la aplicación.

En primer lugar, se pretende crear un sistema de dimensiones reducidas, que pueda ser transportable y económicamente viable. En él se incluirá todo el equipo: GPS, cámara, laptop/PDA, y pantalla de proyección. En este caso la pantalla serán unas gafas del tipo *see-through*, similares a las de la Figura 7-1.



Figura 7-1: Ejemplo de see-through glasses.

Mediante el uso de estas gafas se podría seguir la trayectoria del tractor de una forma mucho más sencilla, aumentando también las posibilidades que nos puede ofrecer la aplicación. Además de ser útil para el guiado, podría emplearse para mostrar información relacionada con las labores agrícolas. Por ejemplo, podría obtenerse información instantánea de qué, cuándo y dónde se sembró, de dónde y con qué fertilizante se abonó la parcela, etc. Esto sería de utilidad para terrenos que son trabajados por más de una persona. Al usar el equipo se podría conocer de forma inmediata que cambios tuvieron lugar en el terreno, continuando el trabajo si fuese necesario. Un posible resultado de este sistema se puede apreciar en la imagen creada digitalmente de la Figura 7-2.



Figura 7-2: Izquierda: visión que el agricultor tiene del campo, sin el uso de nuestra aplicación. Derecha: posible visión que el agricultor tiene del campo, gracias al uso del sistema de RA. Se ven las distintas pasadas que ha realizado el tractor.

En cuanto al equipo empleado en la ejecución de la aplicación, se pueden tener en cuenta las siguientes mejoras:

- Uso de un soporte adecuado: Durante la realización del trabajo el tractor sufre muchas vibraciones y movimientos bruscos. Esto hace que la sujeción de la cámara no sea del todo correcta, provocando que se pueda descentrar. Para ello se propone usar algún soporte acoplable con facilidad al techo del tractor.
- Creación de un espacio robusto: En la cabina del tractor suele haber polvo y suciedad, también es posible que el equipo sufra golpes debido a la naturaleza del trabajo. Por tanto, se propone la creación de un espacio en la cabina del tractor preparado para amortiguar estos golpes, con el fin de evitar que se sufran daños.

## Referencias

- [Abad04] F. Abad, E. Camahort., and R. Vivó. "Camera Calibration Using Two Concentric Circles". In Lecture Notes in Computer Science, Volume 3211 / 2004, pp. 688 - 696, 2004
- [Azum97] R. T. Azuma. "A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments" 6, 4 (August 1997), 355-385.
- [Azum99] R. T. Azuma. "The Challenge of Making Augmented Reality Work Outdoors". In Mixed Reality: Merging Real and Virtual Worlds. Yuichi Ohta and Hideyuki Tamura (ed.), Springer-Verlag, 1999. Chp 21 pp. 379-390.
- [Behr98] R. Behringer. Improving Registration Precision Through Visual Horizon Silhouette Matching. In 1st Int'l Workshop on Augmented Reality, pp 225-232, San Francisco, Ca, Nov 1998.
- [Bill01] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev, "The Magic-Book Moving Seamlessly between Reality and Virtuality" IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 21, no. 3, May/June 2001, pp. 2-4.
- [Bish84] G. Bishop, H. Fuchs. "The Self-Tracker: A Smart Optical Sensor on Silicon" Proceedings, Conference on Advanced Research in VLSI at MIT (January 23-25, 1984). Artech House.
- [Bish08] G. Bishop, P. Ghadirian. Integration of augmented reality and GIS: A new approach to realistic landscape visualization. Landscape and Urban Planning, Mayo 2008. Pp. 226-232.
- [Burd03] G. Burdea, P. Coiffet. "Virtual Reality Technology, Second Edition", Wiley-IEEE Press, 2003.
- [Chia02] K. W. Chia, A. D. Cheok, , and S. J. D. Prince. "Online 6 DOF Augmented Reality Registration from Natural Features". In Int'l Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp 305-313, Darmstadt, Germany, Oct 2002.
- [Coel04] E. M. Coelho, B. MacIntyre, S. J. Julier. "OSGAR: A Scene Graph with Uncertain Transformations". Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'04) 11 02 - 11, pp 6-15, November 02 - 05, 2004.
- [Cork96] P.I. Corke. "Visual Control of Robot Manipulators - A Review". Visual Servoing, World Scientific Series in Robotics and Automated Systems, Vol. 7, pag 1-31.
- [Ferg97] J. Fergason. "Optical System for Head-Mounted Display using retro-reflector and method of displaying an image". U.S. Patent 5, 621, 572. April 15, 1997.
- [Fisc81] Martin A. Fischler, Robert C. Bolles, Random Sample Consensus: A paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography. Communications of the ACM, June 1981, número 6, volumen 24.
- [Fox03] E. Foxlin, and N. Leonid. "VIS-Tracker: A Wearable Vision-Inertial Self-Tracker". In IEEE Virtual Reality, Los Angeles, Ca, Mar 2003.
- [Fuh99] A. Fuhmann et al., "Occlusion in Collaborative Augmented Environments," CCC, vol. 23, no. 6, Dec. 1999, pp. 809-819.
- [Ghad08] Ghadirian, P., Bishop, I.D.. Integration of augmented reality and GIS: A new approach to realistic landscape visualization. Landscape Landscape and Urban Planning 86, pp. 226-232, May 2008.
- [Genc02] Y. Genc, S. Riedel, F. Souvannavong, C. Akmlar and N. Navab. "Marker-less Tracking for AR: A Learning-Based Approach". In Int'l Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp 295-304, Darmstadt, Germany, Oct 2002.
- [Holl99a] T. Höllerer, S. Feiner, J. Pavlik, "Sited Documentaries: Embedding Multimedia Presentations in the Real World", In: Proceedings. ISWC '99. Third Int. Symp. On Wearable Computers, San Francisco, CA, October 18-19, 1999, pp. 79-86.
- [Iu96] S. Iu, and K. W. Rogovin. "Registering Perspective Contours with 3-D Objects Without Correspondence Using Orthogonal Polynomials". Proceedings of VRAIS '96 (Santa Clara, CA, 30 March - 3 April 1996), 37-44.
- [Jul00b] S. Julier, Y. Bailot, M. Lanzagorta, D. Brown and L. Rosenblum. "BARS: Battlefield Augmented Reality System". In NATO Symposium on Information Processing Techniques for Military Systems, Istanbul, Turkey, October 2000.
- [Kari03] T. Karitsuka and K. Sato. "A Wearable Mixed Reality with an On-board Projector". Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '03).
- [Kato99] H. Kato, et al. A Mixed Reality 3D Conferencing Application. (Technical Report R-99-1). Human Interface Technology Laboratory, University of Washington. 1999.
- [Kato00] H. Kato, M. Billinghurst, and I. Poupyrev, "ARToolkit, version 2.33 Manual", 2000.
- [Klei04] G. Klein, T. Drummond. "Sensor Fusion and Occlusion Re\_ nement for Tabletbased AR". Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '04) November 02 - 05, 2004, pp. 38-47.
- [Lope01] D. López de Ipiña, P. R. S. Mendonca, A. Hopper. "TRIP: a Low-Cost Vision-Based Location System for Ubiquitous Computing". In 2001 Workshop on Perceptive User Interfaces. 2001.
- [Mari05] D. Marimon i Sanjuan, Y. Abdeljaoued and T. Ebrahimi. "Online Registration Tool and Markerless Tracking for Augmented Reality". In Proceeding of WIAMIS 2005, Montreux, Switzerland.
- [Milg94] Paul Milgram, F. Kishino, A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, IEIC Transactions on Information Systems, Vol E77-D, número.12, pp. 1321-1329. 1994.
- [Moeh04] Moehring, M., Lessig, C. and Bimber, O. "Video See-Through AR on Consumer Cell Phones". In proceedings of International Symposium on Augmented and Mixed Reality (ISMAR'04), pp. 252-253, 2004.
- [Piek04] W. Piekarski, B. Avery, B. H. Thomas, P. Malbezin. "Integrated Head and Hand Tracking for Indoor and Outdoor Augmented Reality". 2004.
- [Reki98] J. Rekimoto, "Matrix: A Realtime Object Identification and Registration Method for Augmented Reality". Proc. of Asia Pacific Computer Human Interaction (APCHI '98).
- [Reki00] J. Rekimoto, and Y. Ayatsuka. "CyberCode: Designing Augmented Reality Environments with Visual Tags". In DARE 2000.
- [Sch04] T. Schön and F. Gustafsson. "Integrated Navigation of Cameras for Augmented Reality". 16th IFAC World Congress, Prague, Czech Republic, Jul. 2005.
- [Simo00] G. Simon, A. Fitzgibbon, A. Zisserman. "Markerless Tracking using Planar Structures in the Scene". Proceedings of the IEEE International Symposium on Augmented Reality (ISAR), 2000, pp. 120-128.
- [Sinc01] P. Sinclair. "Applying hypermedia techniques to augmented reality environments". A thesis submitted for degree of MPhil/Phd Transfer, 2001.
- [Stri01] D. Stricker, T. Kettenbach. "Real-time and Markerless Vision-Based Tracking for Outdoor Augmented Reality Applications". IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISAR'01).
- [Wagn05] D. Wagner, T. Pintaric, F. Ledermann and D. Schmalstieg. "Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices". Third International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2005), May 9-10, Munich, Germany, 2005.

# "Aplicación de un Sistema Información Geográfica para el soporte de la toma de decisiones en el Sistema de Salud a nivel primario".

## Revisión bibliográfica.

Ing. Beatriz Hernández Sigler. Msc - CENPALAB. Cuba.

### Resumen:

La Informatización de la Sociedad es un imperativo de Cuba para poder desarrollarse con los requerimientos del mundo actual. El proceso de Informatización esta influyendo paulatinamente y de manera creciente en todos los aspectos de la vida de las instituciones y de sus ciudadanos. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han insertado en el quehacer humano como una herramienta útil para manejar información georreferida acerca de innumerables esferas científicas, tecnológicas, socioeconómicas, medioambientales y de otros tipos, que facilitan gobernar inteligentemente, tomar decisiones con eficiencia en el manejo de los territorios y llevar a cabo planeamientos y gestiones de todo tipo. Este trabajo realiza un estudio del arte del empleo de aplicaciones SIG para el sector de la salud a nivel primario. Con el objetivo de diseñar una metodología de desarrollo e implementación de aplicación SIG para ser usada como herramienta de ayuda en la toma de decisiones.

### PALABRAS CLAVES:

SIG, salud, nivel primario de salud, toma de decisiones.

### Abstract

Bringing information technologies to Cuban society is an imperative for developing with the requirements of the present world. This process is increasingly influencing the life of all institutions and citizens. Geographical Information Systems (GIS) have been inserted in human jobs as a useful tool to handle georeferenced information about several scientific, technological, socioeconomic, environmental and other spheres, helping governing intelligently, taking decisions efficiently on territory management, and making any kind of planning and management. The present work has been carried out for a municipality, specifically in the Health Sector. A methodology has been studied and designed to develop and implement a GIS application to be use as a tool for decision taking.

### KEY WORDS:

GIS, health, primary care, decision-making.

### 1- Introducción.

La implementación de los Sistema de Información Geográfica (SIG) tiene actualidad científica por ser una de las tecnologías de avanzada a nivel mundial, donde lo novedoso consiste en la recopilación, organización, análisis y salida de diferentes informaciones espaciales y alfanuméricas de fácil manipulación para los usuarios.

En Cuba las aplicaciones SIG comenzaron a ser utilizada desde mediado del año 1987 por especialistas del Instituto de Geografía Tropical de Cuba, para el estudio de mapas de riesgos de inundaciones. En la actualidad las apli-

caciones SIG son muy variadas por su uso tales como: el reordenamiento territorial, la planificación física, la toma de decisiones en diferentes campos de la ciencia y la técnica. Esta tesis aborda la investigación del diseño y metodología de una aplicación SIG para el manejo y gestión de la información que se genera en el sistema de salud cubano a nivel de la atención primaria de la salud, en los consultorios, en el policlínico y para ser usado por la Dirección Municipal de Salud.

En Cuba la Atención Primaria de la Salud (APS) constituye el nivel base del Sistema de Salud Pública (SSP), este nivel de atención es de los más priorizado y por ende con un mayor seguimiento y cobertura a los Equipos Básicos de Salud (EBS), lo cual ha permitido lograr indicadores comparables a los de los países desarrollados en esta materia.

El SSP tiene características particulares cuando se compara con otros países en el contexto actual, al respecto el Dr. Profesor Castell Florit-Serrate dijo "...por ser único, de extensa cobertura y universalidad, con transformaciones en determinadas etapas de su evolución histórica, manteniendo su papel rector e integrador" [1]. Este planteamiento permite caracterizar a la Salud Pública cubana por su: accesibilidad y universalidad, la regionalización de los servicios, la integración docente- asistencial- investigativa, la participación comunitaria y la intersectorialidad. El objetivo del trabajo es conocer el estado del arte del uso de las aplicaciones en el sector de la salud para mejorar la toma de decisiones a nivel de la Atención Primaria de la Salud (APS).

### 2- Materiales y método.

Se realizó un levantamiento de fuentes de información accesibles donde aparecen las palabras claves:

SIG, salud, nivel primario de salud, toma de decisiones.

Se consulto diferentes bases de datos como la perteneciente a la BNCT de Cuba, por Internet se diferentes sitios y portales referentes a la materia Geomática y vinculado a aplicaciones de salud.

Se consulto discos compactos de eventos de Congresos de Informática realizados en La habana en los años 2007, 2009 y de Congreso de Geomática 2004.

Se selecciono los materiales que reflejaban aplicaciones prácticas de los sistema de información geográfica en el sector de la primario de la salud para utilizarlo como fun-

damento e ilustración del uso dada a estas aplicaciones a nivel internacional, de los diversos usos posibles y de lo novedoso de su empleo.

### 3-Discusión.

En el contexto internacional la utilización de las aplicaciones SIG son variadas, pudiéndose encontrar resultados en campos tan diversos como la hidrología, mineralogía, planificación, urbanismo, gestión de transporte, gestión de información de diferentes perfiles, en la agricultura de precisión, etc. A continuación exponemos un resumen de algunas aplicaciones SIG en la salud pública, con datos con componentes geográficos, con información de localización geográfica ya sea utilizando GPS, o georreferenciado por programas específicos.

- El libro "SIG y la Salud Pública", de los autores Ellen K. Cromley y Sara McLafferty, muestran las bondades del uso de aplicaciones de ambiente SIG, metodologías, así como casos de estudios de sus aplicaciones donde entre las fundamentales se menciona:

Para uso en la localización de eventos de salud.

Identificación del comportamiento o tendencia de enfermedades determinadas.

Para la identificación de problemas de salud medioambientales.

Sobre comportamiento de vectores y distribución de una determinada enfermedad.

Este libro es ilustrativo del rango de aplicaciones que puede abarcar esta tecnología y su contribución a la salud pública. [2]

- La aplicación SIG del centro médico de la Universidad de Loma Linda, la cual se ubica en el Sureste de California, en Estados Unidos, junto con el consorcio en aplicaciones SIG, ESRI y la compañía proveedora de servicios inalámbricos, Air-Track, permiten la localización y rastreo, como el conocimiento de la emergencia en tiempo real, para la toma de decisiones de una manera más rápida y eficientes. [3]

- La Organización Mundial de la Salud (OMS) promueve el uso de las aplicaciones SIG para el mapeo de las enfermedades y su comportamiento, con el objetivo de que se planee, gerencie, y se supervise cualquier programa de salud pública, reconociendo que cada caso y problema de enfermedad requiere de solución diferente, teniendo en cuenta el país, los recursos con que dispone, la voluntad política que se tenga, pero recomienda el uso de la disponibilidad diversas de mapas, de información estadística y de la tecnología SIG que existen para lograr una mejor solución a esta problemática en los diferentes países. Su aplicación puede permitir determinar y conocer los siguientes indicadores de salud en diferentes niveles de localización:

- La distribución geográfica determinada de enfermedades.
- Las tendencias espaciales y temporales analizando las poblaciones,
- El mapeo de factores de riesgo.
- Evaluar el comportamiento de la asignación de los recursos.

- Monitoreo de enfermedades y planeamiento de cuando intervenir, como las aplicaciones en los casos de programas para la eliminación de *onchocerciasis*, *trachoma deslumbrante*, *trypanosomiasis africano* y *filariasis linfático*, así como las iniciativas globales para erradicar poliomielitis y contener la malaria. [4]

- El Centro Nacional de Estadísticas de la Salud de los Estados Unidos de América (EE UU), el NCHS (por sus siglas en Inglés), vincula las estadísticas de salud, los datos georreferenciados con que cuenta el sistema y promueve el desarrollo de los métodos analíticos, poniendo a la disposición del público, especialistas y empresas, materiales del tipo de:

Atlas de Mortalidad de los EE UU, puesto a disposición del público el 14 de abril de 1997, este atlas es el primero en mostrar las principales causas de muerte por la raza y sexo por áreas geográficas denominadas Áreas de Servicio de Salud (HSA). [5]

Mapa de distribución de enfermedades del corazón para hombres blancos.

Mapa de cáncer de próstata.

- Sitio web del Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente del estado de Colorado en EE UU [6], el cual brinda al público diferentes mapas relacionado con el comportamiento de enfermedades y su distribución geográfica, como son:

Vigilancia de la fiebre del Oeste del Nilo en Animales (WNF, por sus siglas en Inglés) año 2008.

Vigilancia de plaga en Animales, año 2007.

- Presentación del Mapa de Accesibilidad a los Servicios de Salud en México en el sitio Web de la compañía de SIG- ESRI, el cual es utilizado para el análisis del nivel de cobertura de los servicios básicos de atención médica para el Ministerio de Salud de México. [7]

- Uso de las opciones de programa gratis y de imágenes satelitales de libre acceso, como puede ser el Google Earth(tm) para complementar Sistema de Información Geográfica (SIG) que puedan ayudar a la salud pública mediante la elaboración de información para infraestructuras urbanas y mostrar los datos directamente en una imagen del entorno físico para el seguimiento de vectores y del comportamiento de determinada enfermedad, Ejemplo : SIG para dos ciudades de México (Chetumal y Mérida) de los autores Lozano-Fuentes Saúl, Elizondo-Quiroga Darwin, dentro de un amplio colectivo de autores. [8]

- Uso de un modelo geo-espacial para evaluar la exposición a plomo de escolares de 6 a 8 años, residentes de San Antonio Oeste, en la provincia de Río Negro, Argentina, localidad contaminada por una fundición en el casco de la ciudad y la acumulación a cielo abierto de sus residuos. De los autores Diana Elba De Pietri; Susana García y Osvaldo Rico.[9]

- Uso de las herramientas SIG para la vigilancia epidemiológica en caso de estudio en áreas de fronteras, donde está presente la enfermedad del dengue, identifican perfectamente las áreas y las poblaciones de alto riesgo y establecen los modelos de riesgo en Corrientes, Argentina, de los autores Bottinelli, Omar R. - Ulon,

Sara N. - Marder, Gabriel - Cabral Ortiz, Daniel. [10].

- La herramienta SIGEpi, es un Sistema de Información Geográfica (SIG) diseñado para aplicaciones en Epidemiología y Salud Pública. Es un producto desarrollado por el Área de Análisis de Salud y Sistemas de Información (AIS) de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) como parte del Proyecto de Cooperación Técnica "Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología y Salud Pública". Estas herramientas computarizadas (entre ellas el Programa **SIGEpi**) apoyan y facilitan el análisis de situación de salud, el monitoreo y la evaluación de la efectividad de intervenciones, que son requeridas para la toma de decisiones y la planificación en la salud. [11]

- Aplicación GIS para el análisis y planificación de tres indicadores en un hospital de Arabia Saudita, del autor Abdulkader A Murad, [12], las necesidades según demanda de los problemas de salud, clasificación de los pacientes en el hospital, así como las áreas de servicios de salud.

- Sitio Web de Los Indicadores de la Salud de la Comunidad, del Departamento de Salud y Servicios a la salud humana del Gobierno de los Estados Unidos, presentado una herramienta con las facilidades del manejo de mapas en Internet [13], para que sirva de base de consulta, para la toma de decisiones, de alerta, y sobre los indicadores de salud en su comunidad y saber como actuar. De los autores Heitgerd JL, Dent AL, Elmore KA y otros.

- Análisis ecológico teniendo en cuenta la información geoespacial utilizando imágenes satelitales remotas y aplicación GIS para analizar la relación entre el comportamiento del hombre, cambios del entorno, el posible incremento de brotes de malaria y su vínculo con el vector *Anopheles Darlingi* Root (1926) y su habitat, [14] en Puerto Primavera, Sao Paulo, Brasil, del autor Luis Felipe Mucci.

- Utilización de aplicación SIG para el estudio de áreas de riesgo de la Leptospirosis en un estudio de alrededor de 2 207 personas en Nakornrathasima, Tailandia, de los autores Sitthisak Moukomla, Siam Lawawirojwong entre otros (2005). Se utilizaron pruebas serológicas e imágenes IKONOs, para tratar de ubicar las zonas de mayor riesgo de brote. [15]

Se hizo la búsqueda y actualización de la información sobre usos de las aplicaciones SIG en Cuba para nivel de municipio y/ o provincia fundamentalmente.

- Sistema de Información Geográfica para la Gestión integrada de la Cuenca Almendares - Vento (2004), de los autores Luis Peña, Rafael Ojeda, Floralba Rosado, Urbano Ferias, Luis Hernández, Justo Orihuela, el cual fue creado para la gestión integral de la Cuenca hidrogeológica Almendares -Vento en función del desarrollo local utilizando las herramientas SIG, en dicho trabajo los autores exponen como el vínculo del conocimiento de los datos geográficos y su relación con los factores sociales de la comunidad ayudan para la toma de decisiones relacionada con la protección medio ambiental de la Cuenca. [16].

- Empleo de Sistemas de Información Territoriales para el control y mejor explotación de las regiones montañosas (2005), de Yoel Cuzán Fajardo, es una metodología que permitió utilizar las herramientas SIG para la gestión en un municipio montañoso como Manicaragua, en la provincia de Villa Clara, este SIT tuvo un gran impacto social pues permitió tener la información natural, económica y social del municipio, de forma automatizada y georreferenciado. [17]

- Empleo de un SIG para el control de las fuentes contaminantes que vierten sus residuos a la bahía de La Habana, de los autores Lic. Yosvany A. Simón Gil y Lic. Freddy Fuster Barbeito (2002), que permitió que se lograran salidas cartográficas que permiten dar una respuesta rápida y certera a los problemas o situaciones que se presenten en la gestión de la contaminación en la bahía.[18]

- Panorama de uso de la tecnología SIG (1999) desarrollado por el autor Dr. Ignacio Munitiz San Martín, donde se reseña los diferentes usos y aplicaciones de esta tecnología hace casi 9 años, planteando que las aplicaciones se apoyan cada vez más en otras tecnologías (teledetección, modelos digitales del terreno, Internet...), diversificándose sus aplicaciones y necesitando de grupos inter disciplinario para su desarrollo. [19]

- Metodología basada en la combinación de diferentes métodos de análisis como la superposición de mapas raster y vectoriales, la reclasificación y un método de indexación binaria para la obtención de mapas de zonificación agroecológica a partir de la combinación de datos espaciales y alfanuméricos integrados a un SIG analítico y criterios de decisión ofrecidos por especialistas y expertos de las ciencias agrícolas. De los autores Eduardo Garea Llano, Francisco Soto Carreño, Antonio Vantour Causse, (2007), utilizado como herramientas de gran valor para el desarrollo de nuevos planes productivos de alimentos y dentro de un Proyecto científico técnico de desarrollo de la montaña.[20]

- Estudio y aplicaciones de Geomática y Ordenamiento Ambiental, (2004) dentro del "Programa para el ordenamiento ambiental a escala local del medio rural en Cuba" del Programa Ramal Científico Técnico: "Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible Cubano" financiado por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA, de los autores Dr. Armando Jesús de la Colina Rodríguez, Lic. Teresa Ayón Ramos, Dra. Margarita Fernández Pedroso, Dra. Carmen Mosquera Lorenzo, Lic. Orlando Novua Álvarez, MSc. Rebeca González del Castillo, el trabajo es una primera aproximación a la caracterización e inventario del medio rural a escala regional y micro regional, para aplicaciones medioambientales y de ordenamiento territorial.[21]

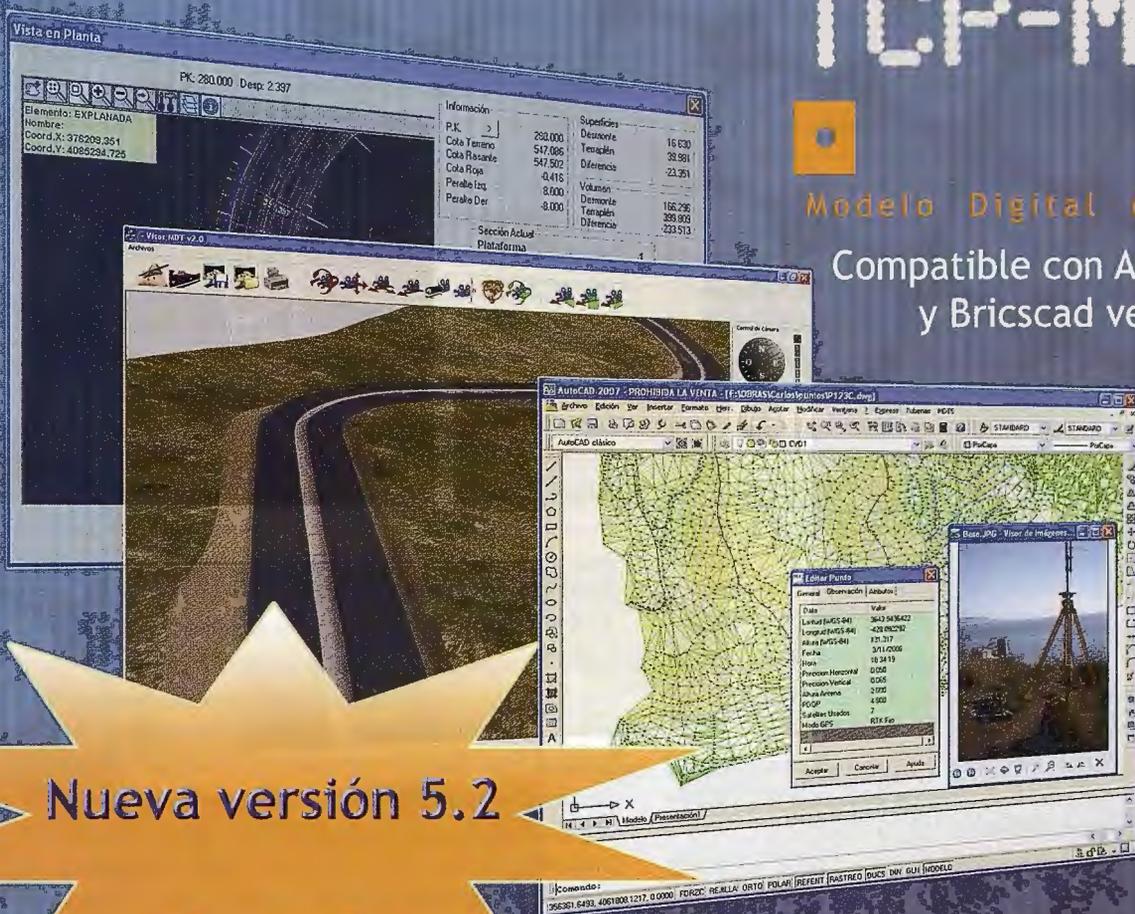
- Utilización de las técnicas SIG para el estudio de la contaminación acústica y otros aspectos medio ambientales, de los autores Álvarez López, Arnoldo Eduardo. (2004), en estrecha relación con la morfología del entorno construido. Se definen también, los mapas térmicos, acústicos y otros de interés para el planeamiento y diseño urbanístico.[22]

# TCP-MDT



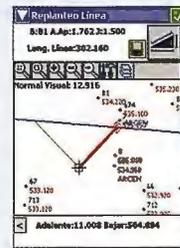
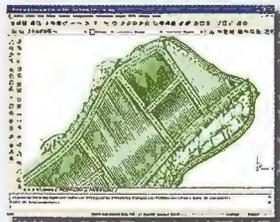
Modelo Digital del Terreno

Compatible con Autocad 2009  
y Bricscad versión 8



Nueva versión 5.2

levantamientos proyectos replanteos carreteras urbanizaciones  
canteras topografía construcción urbanismo ingeniería



## INTELLI-MDT

Modelo digital del terreno  
con CAD incluido

## ORTO-3D

Visualización 3D a  
partir de ortofotos  
y MDT's

## TCP-GPS

Replanteo y toma  
de datos con GPS

## TCP-ET

Replanteo y toma  
de datos con  
estación total

## TCP-TUNEL

Replanteo y toma  
de datos de túnel

# aplitop

Aplicaciones de  
Topografía e Ingeniería Civil

Una solución para cada necesidad  
[www.aplitop.com](http://www.aplitop.com)

C/Sumatra nº9, 29190 - Málaga Tlf: 952 43 97 71 - Fax: 952 43 13 71

[www.aplitop.com](http://www.aplitop.com)

[aplitop@aplitop.com](mailto:aplitop@aplitop.com)

- Diseño e implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG) Áreas Protegidas de la provincia de Camagüey, de los autores Lic. Josefa Primelles Fariñas, Lic. Nereyda Junco Garzón, Ing. Grisel Reyes Artilles, (2002), dirigido a asistir la estrategia de conservación y manejo de estos territorios. La asistencia que el SIG ha brindado a la actividad de I+D, de gestión, divulgación y educación ambiental sobre las áreas protegidas de esa provincia es una muestra de la efectividad de esta tecnología aplicada a la conservación de la biodiversidad.[23]
- SIG-ESAC: Sistema de Información Geográfica para la gestión de la estadística de salud de Cuba (2006), del autor Héctor Manuel Fernández Núñez. Aplicación para la gestión de la estadística de salud, el cual permite cartografiar y hacer diferentes tipos de análisis de importantes indicadores de salud: morbilidad, mortalidad, demográficos, recursos y servicios. [24]
- Diseño y puesta en funcionamiento de un SIG como herramienta para el estudio del turismo y su planificación en las regiones del archipiélago de los Canarreos y Cienfuegos-Trinidad-Topes de Collantes (2002), de los autores Ricardo Remond Noa, Jorge Quintela Fernández, María Elena Duran Osorio, desarrollado debido a la gran variedad de recursos turísticos en nuestro país, y el incremento que ha manifestado la actividad.[25]
- Estudio del relieve con la técnica de SIG, del autor Jorge Ángel Luís Machín, este estudio del relieve para el ordenamiento ambiental (2004), validó el uso del enfoque geosistémico para el ordenamiento agrícola y turístico de un municipio.[26].
- Breve reseña de la aplicación del uso y de las características de los diferentes SIG utilizados en Cuba hasta mediados del 2005, del autor Dr. José Luís Batista Silva Investigador Titular. [27].
- Estudio de la utilización de la tecnología SIG por la Agencia de Medio Ambiente en Cuba que permiten realizar análisis ambientales mediante estas modernas técnicas, (2004). De los autores Orlando Novúa Álvarez, MSc. María del Carmen Martínez Hernández, Dra. Carmen Mosquera Lorenzo, Jorge Ángel Luís Machín y Dr. Juan Ferrari Rizzo .[28]
- Evaluación Ambiental del Municipio Plaza de la Revolución (2004), utilizando aplicación SIG para la valoración de la afectación del medio ambiente en el municipio por diferentes causas, de los autores Bárbara L. Miravet Sánchez, Mario Campos, Efrén Jaimez, Mario Guerra, Ernesto Rocamora, Jorge Olivera, Rosa M Leal, entre un colectivo de autores.[29]
- Aplicación SIG para la planificación y gestión ambiental (SIGCAM), que apoya además las tareas de educación y divulgación ambiental en este territorio (2004), de los autores MSc. Josefa Primelles Fariñas, MSc. Grisel Reyes Artilles, Téc. Laura Hernández V., Téc. Ma. Elena Li Ing. Xiomara López y otros. El SIG fue estructurado en cinco subsistemas: Medio Ambiente Físico, Medio Ambiente Socioeconómico, Planificación Ambiental, Percepción y Educación Ambiental y Gestión e Inspección Ambiental. [30]
- Aplicación SIG para la confección del Atlas Geoambiental del Municipio Cerro (2004), el cual es un con-

junto de mapas temáticos o especializados cuyo principal objetivo es el de permitir caracterizar y representar el estado actual del medio ambiente en el territorio sobre una base cartográfica adecuada de los autores Maria Gertrudis Valdés Hernández, Jorge Olivera Acosta, Efrén Jaimez, Mario Guerra. [31]

- Implementación de un SIG con la finalidad de que toda la información sirva de base para el estudio y la proyección del servicio forestal estatal y por la necesidad de delimitar y organizar el uso y tenencia de la tierra en la faja forestal hidrorreguladora del Río y Embalse Bacuranao, Peñalver y La Escuelita, de los autores Dunia Liranza de la Cruz, Lázaro M. Ortiz Espino y Diana de la C. Rivero Ramírez. [32]

- Utilización de la tecnología de los SIG para construir una cultura de análisis con referencia geográfica, principio fundamental para el desarrollo sostenible en el MINAZ (2007), de los autores Viñas Quintero Judith, Rafael Villegas Delgado, Ledy Benítez Puig. [33]

- Desarrollo del Sistema de Información Geográfica para el Cálculo del Ancho de las Fajas Forestales Hidrorreguladoras el Sector Forestal (2006), de los autores Azpiri Medina Isali, Juan A. Herrero Echevarría, para su manejo, con el cual los usuarios, sustituyen los actuales modelos y métodos manuales de cálculo por un sistema de cómputo que le permite optimizar en tiempo y costos en el proceso de cálculo.[34]

- Sistema SIG para la agricultura de precisión con PDA y computadora de escritorio, de los autores Mayet Valdés Alián, Muñoz Salabarría Raúl V. y colectivo de autores, que permite el control y análisis de los vehículos y de los supervisores de campo, para un mejor manejo de los medios y de los insumos según comportamiento de las cosechas de caña de azúcar de una manera específica.[35]

- El empleo de los SIG para la gestión de riesgos a nivel territorial, tarea orientada por el Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización y preparación de país para situaciones de desastres (2007), del autor Silvio V. Rodríguez Hernández. [36]

- Creación del Sistema de Información Geográfica (SIG) de la UCI con una mayor funcionalidad que permita a los usuarios utilizarlo como ayuda en la toma de decisiones (2007), de los autores Lamela Fung Luís y Rodríguez Puente Rafael. [37]

- La informatización del sistema de salud, una de las áreas priorizadas dentro del Programa Nacional de informatización de la Sociedad [38], presenta logros como:

La Red INFOMED, informatizando los centros de información de Atención Primaria en las 444 policlínicas del país cada uno dotado en la actualidad con 4 computadoras y una biblioteca, teniendo conectividad con Internet 368 de ellos hasta agosto de 2005.

Informatizados y conectados a la red todos los bancos de sangre.

Informatizado los hospitales de la Misión Milagro, una colaboración con Venezuela para devolver la visión a millones de personas de los países de Latinoamérica y el Caribe.

Creación de aulas de computación para el proyecto de

Universalización de la Enseñanza de Medicina.

Desarrollo de la telemedicina y se encuentran en funcionamiento la Universidad Virtual y la Biblioteca Virtual.

Creación de las redes de especialidades como nefrología, cardiología y otras.

Creado el Registro Informatizado de Salud (RIS). Se encuentran en prueba varios módulos del Sistema de Informatización Hospitalaria y están en uso varios productos de Programa Educativo (Colección Galenomedía).

- Las políticas de trabajo conjunto entre GEOCUBA y el MINSAP para lograr el objetivo de utilizar las bondades que posee la información generada por el sistema de salud y la posible ubicación, correlación y posterior análisis con herramientas SIG, de los autores Ana Lourdes Quintero Valdés, Felipe Moreno Fernández, Nancy Chaveco Vega y Andrés Martínez Batlle [39], entre las cuales se puede mencionar:

Representar sobre mapas impresos, todos los estudios de enfermedades y epidemias.

Elaborar el mapa digital de salud por áreas de atención, con el contenido cartográfico que requieran en las diferentes temáticas del sistema de salud y de aquellos factores que componen el medio ambiente y los que lo agraden.

Aplicaciones cartográficas en SIG para el manejo de datos vinculados a centros de salud según áreas de atención geográficas.

Cartografía para la toma de decisiones sobre la ubicación y construcción de centros para el servicio de salud a la población.

Realizar proyectos SIG de conjunto en los que GEOCUBA cree y actualice la cartografía digital, y los especialistas de la salud apliquen modelos y patrones para el estudio y análisis de soluciones que se adopten en los diferentes niveles de dirección.

Ejecutar proyectos SIG de distribución para el traslado de materiales médicos y de aseguramiento, así como planificar variantes urgentes en el traslado de enfermos.

#### 4- Conclusiones.

1-Se reconoce a nivel internacional un uso dinámico y variado de aplicaciones SIG en el sector de la salud a diferentes niveles de atención.

2-Se observa los diferentes usos y formas de aplicaciones SIG para la toma de decisiones en temáticas relacionadas o vinculadas directamente al sector de la salud.

3-Se observa en Cuba que el empleo de aplicaciones SIG en el sector de atención primaria de la salud aún permite una mayor exploración de sus bondades para la toma de decisiones a este nivel.

#### Bibliografía.

1- Castell-Florit Serrate, P. (2005) Integración e Integralidad en el pensamiento conocimiento y la acción en el Sistema Nacional de Salud. Conferencia presentada en formato digital. Disponible en: [www.sld.cu/galerias/doc/sitios/bmn/integracion\\_e\\_integralidad\\_ii2.doc](http://www.sld.cu/galerias/doc/sitios/bmn/integracion_e_integralidad_ii2.doc).

2. Cromley, E. K.; McLafferty, S. L. (2002) GIS and public health. NY: Guilford Press. 340 pág.

3. ESRI (2007) Caso de Estudio, Centro Médico de la Universidad de Loma Linda Disponible en

<http://www.esri.com/industries/health/index.html>

4. Organización Mundial de la Salud. (OMS). (2009) GIS and public health mapping. [Web pag] Disponible en:

[http://www.who.int/health\\_mapping/gisandphm/en/index.html](http://www.who.int/health_mapping/gisandphm/en/index.html)

5. Centro Nacional de las Estadísticas de la Salud, Centro para el Control de Enfermedades. (2008) GIS and Public Health. Disponible en:

[http://www.cdc.gov/nchs/about/nchs\\_accessibility.htm](http://www.cdc.gov/nchs/about/nchs_accessibility.htm).

6. Departamento de salud Pública y Medioambiente de Colorado (2008) Public Health/GIS. Disponible en:

<http://emaps.dphe.state.co.us/gis/contacts.html>.

7. Hernández Ávila, Vázquez Grameix, Saavedra Lara, Santos Luna, R. y Ríos Salgado. (2008). Accesibilidad a los Servicios de Salud en México. Map Book Gallery. Disponible en: [http://www.esri.com/mapmuseum/mapbook\\_gallery/volume21/health1\\_sp.html](http://www.esri.com/mapmuseum/mapbook_gallery/volume21/health1_sp.html)

8. Lozano-Fuentes, S.; Elizondo-Quiroga, D.; Farfan-Ale, J. A.; Loroño-Pino M. A.; García-Rejón, J.; Gómez-Carro, S.; Lira-Zumbardo, V.; Najera-Vázquez R.; Fernández-Salas, I.; Calderón-Martínez, J.; Domínguez-Galera, M.; Mis-Avila, P.; Morris, N.; Coleman, M.; Moore, Ch. G.; Beaty, B. J. (2008) El uso de Google Earth(tm) para fortalecer la capacidad de salud pública facilitar la dirección del control de vectores transmisores de enfermedades en zonas de pocos recursos. Boletín de la Organización Mundial de la Salud, Vol. 86, p. 718-B.

9. De Pietri, D. E.; García S.; Rico O. (2008) Modelos geo-espaciales para la vigilancia local de la salud. Revista Panamericana de Salud Pública. 2008; Vol.23 (No.6). Disponible en:

[http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S1020-49892008000600004&script=sci\\_arttext](http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S1020-49892008000600004&script=sci_arttext)

10. Bottinelli, O. R.; Ulon, S. N.; Marder, G.; Cabral Ortiz, D. (2006) Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la vigilancia de enfermedades vectoriales en áreas de fronteras. Cátedras de Salud Pública y de Epidemiología. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2006.

11. Colectivo de autores. (2003) SIGEPI: Proyecto de Cooperación Técnica de OPS en Sistemas de Información Geográfica en Salud Pública en Las Américas. Public Health GIS News and Information [Conferencia Especial NCHS/CDC/ARSDR.]

12. Murad, A.A. (2007) Creating a GIS application for health services at Jeddah city. Computers in Biology and Medicine. 2007 June 2007; Volume 37, (Issue 6): 879-889.

13. Heitgerd, J.L.; Dent, A.L.; Elmore, K.A.; Kaplan, B.; Holt, J.B.; Metzler, M. M.; Melfi, K.; Stanley, J. M.; Highsmith, K.; Kanarek, N.; Frederickson, C. K. (2008) Community health status indicators: adding a geospatial component. Prev. Chronic Dis. Jul. 5; Vol (3), Disponible en:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18558046?ordinalpos=pubmed>.

14. Mucci, L.F. (2008) Ecología del Anopheles Darlingi Root (1926) en reservorio de Puerto Primavera, Estado de Sao Paulo y Mato Grosso del Sur. Sao Paulo; Trabajo de Tesis. 139 pág. Disponible en formato digital en el centro

de ICT de la Institución.

15. Sitthisak, M.; Wijitr, F.; Jaranit K.; Kamolnetr O. (2005) Use of GIS to Find the Risk Area of Leptospirosis, Nakornratchasima, Thailand. Disponible en [http://www.aars-acrs.org/acrs/proceeding/ACRS2006/Papers/G-1\\_G13.pdf](http://www.aars-acrs.org/acrs/proceeding/ACRS2006/Papers/G-1_G13.pdf).
16. Peña L.; Ojeda R.; Rosado R., Ferias U.; Hernández H.; Orihuela J. (2004) Gestión Integrada de la cuenca Almendares -Vento. Boletín Científico por un desarrollo local sostenible [Artículo] Noviembre 2004 Disponible en: [http://www.cedar.cu/Mat/Boletines\\_Cientificos/BOLETIN-2.pdf](http://www.cedar.cu/Mat/Boletines_Cientificos/BOLETIN-2.pdf).
17. Fajardo C.; Rivero Reyes F.; Cabrera Maltseva R. (2005) As, ectos ambientales de la implementación de un Sistema de Información Territorial en un municipio montañoso. Mapping Interactivo, Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Septiembre -octubre 2005; Volumen 104. Disponible en: <http://www.mappinginteractivo.com>
18. Fuster Barbeito, F.; Simón Gil, Y. (2002) Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la caracterización y análisis espacial de las fuentes contaminantes de la bahía de la Habana. Mapping Interactivo, Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Volumen 80.
19. Munitiz San Martín, I. (1999) Las diversas aplicaciones de la tecnología SIG. Mapping Interactivo, Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Volumen 56.
20. Garea Llano, E.; Soto Carreño, F.; Vantour Causse, A. (2007) Combinación de métodos de análisis espacial para la zonificación agroecológica de cultivos en condiciones de montaña. Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio. (No 7 Segunda Época, No. 7/2007). Disponible en: [http://www.iga.cu/Revista/cte\\_07/art\\_07-05/id32.htm](http://www.iga.cu/Revista/cte_07/art_07-05/id32.htm)
21. Colina Rodríguez, A. ; Ayón Ramos, T. ; Fernández Pedroso, M. ; Mosquera Lorenzo C. ; Novua Álvarez, O. ; González del Castillo, R. ; (2004) Caracterización y diagnóstico microregional del medio rural en Cuba. Aplicación de herramientas de geoprocésamiento. Mapping Interactivo. Especial - Octubre de 2004. Disponible en: <http://www.mappinginteractivo.com>
22. Álvarez López, A. E. (2004) Los microclimas urbanos y la contaminación acústica en ciudades del centro de Cuba. Reflexiones para el planeamiento a través de SIG. Disponible en : <http://www.mappinginteractivo.com>
23. Primelles Fariñas J. ; Junco Garzón, N. ; Reyes Artilles, G. (2002) SIG para asistir la estrategia de conservación de las Áreas Protegidas de la provincia de Camagüey, Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo, revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. (Año 2, No. 3).
24. Fernández Núñez, H. M. (2006) SIG-ESAC: Sistema de Información Geográfica para la gestión de la estadística de salud de Cuba. Revista Cubana Higiene y Epidemiología 44(3).
25. Remond Noa R.; Quintela Fernández, J.; Duran Osorio M.E. (2002) Diseño y puesta en funcionamiento de un SIG como herramienta para el estudio del turismo y su planificación en las regiones del archipiélago de los Canarros y Cienfuegos-Trinidad-Topes de Collantes, Cuba. Revista Geographicalia Digital. Disponible en <http://www.unizar.es/geografia/geographicalia/remond.pdf>
26. Luís Machín J. Á. (2004) Estudio del Relieve para la Gestión Ambiental, con el uso de SIG, Mapping Interactivo. Disponible en: <http://www.cartografia.com>.
27. Batista Silva J.L. (2005) Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en Cuba [www.mappinginteractivo.com](http://www.mappinginteractivo.com), noviembre-diciembre (106).
28. Novúa Álvarez O.; Martínez Hernández M. del C.; Mosquera Lorenzo C.; Luís Machín J.A.; Ferrari Rizzo J.; (2004) Sistema de Información Geográfica para el análisis ambiental documentación metodológica y funcional.; Mapping Interactivo, Revista Internacional de Ciencia de la tierra.
29. Miravet Sánchez B. L.; Jaimez E.; Guerra M.; Rocamora E. (2004) Evaluación ambiental del municipio Plaza de la Revolución. VII Taller Internacional Informática y Geociencias.
30. Primelles Fariñas, J. ; Hernández, L. ; Li, M. E. ; López, X. (2004) Un SIG para asistir las tareas de planificación y gestión ambiental en el municipio de Camagüey. VII Taller Internacional Informática y Geociencias.
31. Valdés Hernández, M. G. ; Olivera Acosta, J. ; Jaimez, E. ; Guerra, M. (2004) Atlas Geoambiental del municipio Cerro. CD Geoinfo-2004.
32. Liranza de la Cruz, D. ; Ortiz Espino, L. ; Rivero Ramírez, D. C. (2007) Implementación en un SIG de la faja forestal hidrorreguladora de la cuenca Bacuranao. CD Informática 2007 XII Convención y Exposición Internacional.
33. Viñas Quintero, Y.; Villegas Delgado, R ; Benítez Puig, L.; León Ortiz, M.; Pineda Ruiz, E.; Pérez Herrera, E.; Osorio, N.; Cuesta Cabrera, M.; Naranjo Pérez, I.; Valdés Hernández, J. (2007) Sistema Geoespacial de apoyo a la Toma de Decisiones de la Agroindustria Azucarera Cubana. CD Informática 2007 XII Convención y Exposición Internacional.
34. Azpiri Medina I.; Herrero Echevarría J. A. (2006) Sistema de Información Geográfica para el cálculo y manejo de las fajas forestales hidrorreguladoras. CD Informática 2007 XII Convención y Exposición Internacional.
35. Mayet Valdés, A.; Muñoz Salabarría, R.; García Díaz, J.; Marrero Gómez, G.; Correas Cobas R.; Martínez Fernández P.; Esquivel M., Hernández, B.; Fernández, F.; Marrero, S.; Ponce, E.; Quintana, L.; González, L. (2007) Sistema SIG para la agricultura de precisión con PDA y computadoras de escritorio. CD Informática 2007 XII Convención y Exposición Internacional.
36. Rodríguez Hernández, S. (2007) Los Sistemas de Información Geográfica y su empleo en la gestión para la reducción de riesgos y prevención de desastres. CD Informática 2007 XII Convención y Exposición Internacional
37. Lamela Fung, L.; Rodríguez Puente, R. (2007) Experiencia del desarrollo de un Sistema de información geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas. CD Informática 2007 XII Convención y Exposición Internacional.
38. Colectivo de autores. (2005) La informatización en Cuba. Web del MINREX, Editor.: MINREX.
39. Quintero Valdés A. L.; Moreno Fernández F.; Chaveco Vega N.; Martínez Batlle A. (2003) Potencialidades de los recursos geográficos para la investigación en salud. Rev Cubana Salud Pública V. 29, No. (4).

# BASES DE DATOS ESPACIALES. SPATIAL DATABASES.

ALEXANDER RODRIGUEZ TORRES - Universidad de las Ciencias Informáticas - Cuba - Ciudad de la Habana.

---

## RESUMEN

Estructurar la información espacial obtenida a partir del mundo real en capas es una tarea con un alto nivel de dificultad. Para ello es necesario que exista un grado de abstracción bastante alto de modo que las computadoras logren reducir lo complejo de las entidades espaciales a primitivas básicas del dibujo como lo son los puntos, líneas y polígonos. Por otro lado no se pueden pasar por alto las relaciones que se establecen entre las entidades geográficas; la topología: método matemático que define estas relaciones antes mencionadas puede ser realmente compleja por la variedad de objetos geográficos que interactúan sobre cada elemento, de ahí la necesidad de almacenar toda ésta información en bases de datos para lograr un manejo más eficiente de estos.

**Palabras claves:** capas, complejo, dificultad, espacial, geográficas, topología.

## ABSTRACT

Obtain spatial information of the real world and layering is a task with a high level of difficulty. This requires a fairly high level of abstraction so that computers can reduce the complexity of spatial entities in the basic drawing primitives such as points, lines and polygons. On the other hand you can not ignore the relationship between geographical entities; topology: mathematical method which defines the relations mentioned above can really be complicated by the variety of geographic objects that interact on each element, hence the need to store all this information in databases to achieve a more efficient handling of these.

**Keywords:** complexity, difficulty, geographical, layering, spatial, topology.

## DEFINICIÓN

Una base de datos espacial “es una colección de datos referenciados en el espacio que actúa como un modelo de la realidad». (NCGIA, 1990)

“Una base de datos espacial es una colección de datos referenciados espacialmente, que actúan como un modelo de la realidad; en el sentido de que ella representa una serie o aproximación de fenómenos. Esos fenómenos seleccionados son considerados suficientemente importantes para ser representados en forma digital. La representación digital puede ser para el pasado, presente o futuro”. (Haithcoat, 1999)

“Una Base de Datos Geográfica es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales”. (ESRI, 2002).

Las bases de datos espaciales necesitan contar con procedimientos que hagan posible su mantenimiento en lo que respecta a su documentación así como su administración. La eficiencia estará sujeta a los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras y los objetos espa-

ciales estarán organizados por capas de información. La modelación del mundo real por medio de entidades primitivas de dibujo siguen reglas que constituyen el modelo de datos.

Para ser un poco más general podemos plantear que una base de datos espacial es un sistema administrador de bases de datos que se encarga del manejo de datos espaciales, que debe ser capaz de gestionar asimismo la localización y relación entre objetos definidas por un marco de referencia establecido por el espacio. Por lo general el espacio utilizado es el físico, por sus posibilidades de perceptibilidad, manipulación y porque sirve de referencia. Evidentemente es necesario lograr una alta abstracción para lograr traducir la complejidad del mundo real a una representación simple que puedan asimilar las computadoras. Inicialmente se concibe la estructura de la base de datos, por lo general en capas y luego si se llega a determinar su necesidad se seleccionan capas temáticas que se pueden incluir.

## DISEÑO

Al diseñar una base de datos hay que tener en cuenta: el desarrollo de su estructura, la definición de sus contenidos y la determinación de los datos.

Diseño de Modelo Conceptual

Diseño del Modelo Lógico

Diseño del Modelo Físico

Diseño de Modelo Conceptual

Conciérne a la forma en como están caracterizados las entidades del mundo real cuando se almacenan en la base de datos.

Diseño del Modelo Lógico

Se encarga de detallar el modelo conceptual (donde se encuentra la descripción de cada una de las entidades) así como de desarrollarlo completamente, del diseño de las tablas, los niveles de información gráfica, con sus atributos, relaciones, identificadores, longitud del dato, tipo de dato, y geometría (punto, línea o polígono); que constituyen la base de datos espacial.

Ambos modelos (conceptual y lógico), tienen independencia de los programas y equipos que se vayan a utilizar; de la correcta concepción de ellos depende el correcto funcionamiento y el éxito del Sistema de información geográfica (SIG).

Diseño del Modelo Físico

Se corresponde con la implementación de la base de datos espacial en un software o programa en particular. Las especificaciones estarán dadas por el software a utilizar.

Diccionario de Datos.

Los software de gestión de bases de datos convencionales y de bases de datos espaciales, posibilitan generar el diccionario de datos automáticamente. Ahí están contenidos la denominación técnica de las entidades, fuente de los datos, su definición, geometría, atributos, criterio de registro, dominio, relaciones y restricciones, etc.

### DATOS ESPACIALES

Información del mundo real traducido en capas temáticas. Un modelo de datos geográfico es una abstracción del mundo real que utiliza un conjunto de objetos dato, para dar soporte al despliegue de mapas, consultas, edición y análisis. Mediante mapas y símbolos se representan de manera subjetiva los datos geográficos que son la traducción de la geografía real utilizando formas geométricas a los cuales se le asocian atributos que los definen y describen. Normalmente se utilizan datos vectoriales, los cuales pueden ser expresados mediante tres tipos de objetos espaciales.

Puntos

Están determinados por las coordenadas terrestres medidas por latitud y longitud. Por ejemplo, aduanas, centros de interés cultural, ciudades, etc.

Líneas

Describen objetos formados por la unión de varios puntos o nodos. Ejemplo de ellas son las carreteras, ríos, líneas de teléfono.

Polígonos

Objetos que definen un área determinada como por ejemplo edificios, lagos, países. Otra manera de representar los datos espaciales es mediante rasterización, este método posibilita asociar datos a una imagen; dicho de otra manera, permite establecer una relación entre paquetes de información y píxeles de una imagen digitalizada.

De igual manera un dato espacial se caracteriza por su naturaleza geo-referenciada y multidireccional. La geo-referenciación se refiere a que la posición relativa o absoluta de cualquier elemento sobre el espacio contiene información valiosa, pues la localización debe considerarse explícitamente en cualquier análisis. Por multidireccional se entienden aquellas relaciones complejas no lineales, o sea, la relación de los elementos con sus vecinos y con regiones lejanas, por lo que la relación entre todos los elementos no es unidireccional.

Álgebra

Las bases de datos espaciales utilizan un álgebra denominada ROSE (RObust Spatial Extensión) basada en los tipos de datos espaciales reales (STD - spatial data types), pero en este caso, los objetos no están definidos en el espacio Euclidiano continuo sino en términos de la malla que discretiza el espacio haciendo posible los cálculos computacionales. Los operadores espaciales se definen de la siguiente forma.

Operadores de selección

*Point Query* (PQ)

Dado un punto  $p$ , encontrar todos los objetos espaciales  $O$  que lo contienen.

$$PQ(p) = \{O | p \text{ pertenece a } O, G \neq \emptyset\}$$

*Range or región query* (WQ)

Dado un polígono  $P$  de consulta, encuentre todos

los objetos  $O$  que intersectan  $P$ . Cuando  $P$  es rectangular, se llama windows query.

$$WQ(P) = \{O | O.G \cap P.G \neq \emptyset\}$$

*Agregación espacial*

Es una variante de búsqueda por vecino más cercano. Dado un objeto  $O'$ , encuentre los objetos  $o$  que tiene una mínima distancia de  $o'$ .

$$NNQ(o') = \{o \mid \text{para todo } o: \text{dist}(o'.G, o.G) \leq \text{dist}(o'.G, o.G)\}$$

*Join espacial*

Sean dos tablas  $R$  y  $S$  unidas basado en un predicado espacial  $\theta$ , denominamos esta unión como espacial. Los SIG utilizan superposición de mapas (map overlay) que no es más que una variante del join espacial. Es así como a partir de dos conjuntos de objetos espaciales es posible generar uno nuevo. Los atributos no espaciales asignados por la operación de superposición definen las fronteras de este conjunto.

### MÉTODOS DE ACCESO ESPACIAL

Los índices minimizan la cantidad de elementos a visitar en la base de datos en los procedimientos de consulta evitando de esta manera revisiones exhaustivas. Existen tres categorías de métodos de acceso espacial, ellos son:

PAM (Point Access Method).

R-Tree.

SAM (Spatial Access Method).

Que son utilizados en dependencia del tipo de datos en que aparezca la base de datos espacial, dígame ráster o vectorial.

### LENGUAJES DE CONSULTA ESPACIAL

No existe un conjunto de operadores que sirvan como elemento básico para la evaluación de consultas en las bases de datos espaciales debido al enorme volumen de objetos complejos desordenados en una dimensión que estas manejan, de ahí que existan algoritmos para evaluar predicados espaciales. Las consultas se realizan generalmente SSQL (Spatial SQL), un lenguaje que introduce por medio de extensiones los conceptos ROSE dentro del SQL estándar. Las tres categorías fundamentales de consultas en un sistema de información espacial son:

Consultas exclusivamente de propiedades espaciales.

Consultas sobre propiedades no espaciales.

Consultas que combinan propiedades espaciales con no espaciales

Las consultas también pueden ser realizadas mediante PSQL (Pictorial SQL) que se utiliza para los datos obtenidos mediante rasterización, donde cada objeto espacial se extiende mediante un atributo *loc* (localización) y que es referenciado en la cláusula SELECT para una salida gráfica y una cláusula específica para tratar relaciones espaciales. Se destaca también dentro de estos lenguajes de modelado de información espacial el GML que no es más que una codificación del modelo geométrico de rasgo simple del OGC (Open Geospatial Consortium simple feature) usando XML. OGC define un rasgo geográfico (geographic feature) como "una abstracción del fenómeno del mundo real, si éste está asociado con una posición relativa a la Tierra".

### APLICACIONES

Los SIS (Sistemas de Información Estratégicos) o SIG (Sistemas de Información Geográfica) son los "usuarios más

comunes" de las bases de datos espaciales. La información geográfica consta de una referencia territorial explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante geocodificación. Es la información geográfica quien describe a un Sistema de Información Geográfica y lo diferencia del resto de los Sistemas de Información; así, es como se distingue este tipo de información que contiene dos vertientes diferentes: la vertiente espacial y la vertiente temática de los datos.

#### SIG Puros

Son bases de datos espaciales que no contienen capas intermedias donde se realizan de manera nativa las operaciones de selección espacial. Gozan de modularidad, extensibilidad e interfaz amigable y tienen la capacidad de generar una interfaz gráfica amigable para las bases de datos comunes, de tal manera de utilizar datos espaciales ya almacenados en estas tecnologías.

#### Ad-hoc

Sistemas desarrollados para aplicaciones específicas, utilizan un sistema de manejo de archivos y de administración de datos propios, de ahí que no sean modulares, ni reutilizables. La ventaja es que son muy eficientes.

Bases de datos con extensiones para bases de datos espaciales

Sistemas de bases de datos comunes que cuentan con una capa agregada para el manejo de la geometría y hacer el "traspaso" desde datos tradicionales a datos espaciales transparente al usuario.

## CONCLUSIONES

Las bases de datos espaciales se imponen a la hora de manipular datos de tan alta complejidad y son el soporte fundamental de los sistemas de información que utilizan componentes geo-espaciales. Son difíciles de mantener y complejas pero muy necesarias y eficientes a la hora de brindar informaciones para la toma de decisiones en cualquier esfera de la sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(ESRI,2002).

[www.esri.com](http://www.esri.com)

Haithcoat, Tim. Bases de Datos Espaciales como modelos de la realidad (Spatial Databases as Models of Reality). University of Missouri Columbia. (06-07-1999){07-05-2004}  
[.http://msdisweb.missouri.edu/presentations/intro\\_to\\_gis/pdf/spatial.pdf](http://msdisweb.missouri.edu/presentations/intro_to_gis/pdf/spatial.pdf)

(NCGIA,1990).

[www.ncgia.ucsb.edu](http://www.ncgia.ucsb.edu)

## BIBLIOGRAFÍA

Sistemas de información geográfica como herramienta. Consultado: Mayo 2008

[http://www.clas.umss.edu.bo/general/sig\\_n.htm](http://www.clas.umss.edu.bo/general/sig_n.htm)

Software para la Manipulación de Datos espaciales. PostGIS.A. Baksai Elespuru, MGutierrez Valenzuela. Consultado: Mayo 2008

<http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2007/comun/1pdf/14.pdf>

SHAHABI,Cyrus. Introduction to Spatial Database. Sistemas de gestión de bases de Datos espaciales (01-10-1994){14-05-2004}

<http://infolab.usc.edu/csci599/Fall2001/presentations/session11.pdf>

**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](http://www.tiendaverde.org)  
e-mail: [info@tiendaverde.es](mailto:info@tiendaverde.es)

# LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y SU EMPLEO EN LA GESTION PARA LA REDUCCION DE RIESGOS Y PREVENCION DE DESASTRES.

MsC. Silvio V. Rodríguez Hernández - UCT GEOCUBA Investigación y Consultoría - La Habana, Cuba.  
XII Convención y Expo. Internacional

## RESUMEN

Con el gran desarrollo alcanzado actualmente en Cuba en las ramas de la Informática y las Comunicaciones, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta obligada para la toma de decisiones en todas las esferas. El empleo de los SIG para la gestión de riesgos a nivel territorial constituye actualmente una necesidad para cumplimentar lo establecido en la Directiva No.1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización y preparación de país para situaciones de desastres.

En este caso presentamos experiencias del empleo de los SIG en nuestro país para el enfrentamiento fenómenos meteorológicos adversos como ciclones tropicales y penetraciones del mar, así como perspectivas para su empleo en Centros de Gestión para la Reducción de Riesgos a nivel territorial con el objetivo de lograr un manejo integral, no solo de estos, sino de otros fenómenos como epidemias, incendios forestales, derrames de sustancias tóxicas, tormentas locales severas, intensas lluvias, etc.

Para estos trabajos se diseñan y emplean bases de datos georreferenciadas para el monitoreo de ciclones tropicales, para el control de los planes de evacuación de personal y ganado, así como para los planes de evacuación por penetraciones del mar en todo el país y en la Ciudad de La Habana y el control del establecimiento de las distintas fases de protección. Con el empleo de un modelo de datos vectoriales se monitorean estos fenómenos adversos permitiendo a las autoridades tomar decisiones como el establecimiento de las distintas fases de cada provincia en la protección y evacuación del personal y el ganado principalmente, logrando una mayor exactitud en el ploteo de los fenómenos y en la determinación de los elementos del terreno afectados, contribuyendo con una mayor rapidez a la toma de decisiones.

## INTRODUCCION

Como resultado del enorme flujo de datos que manejan las organizaciones hoy en día, éstas se enfrentan a un reto nada sencillo: tomar decisiones rápidas y efectivas con base en múltiples parámetros, cada vez más complejos. Por lo tanto, es necesario contar con un medio capaz de unir de informaciones disímiles en apariencia y que ayude a 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 los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos no son más que sistemas computacionales diseñados para la captura, manipulación, análisis, modelado y visualización de datos georreferenciados para la ayuda a la toma de decisiones y solución de complejos problemas de manejo y planeamiento de los territorios.

Cuba por su posición geográfica es un país muy vulnerable a la ocurrencia de desastres naturales, principalmente

por los ciclones tropicales que constituyen el fenómeno meteorológico adverso que mayores afectaciones han ocasionado con el decursar del tiempo, que junto a los fuertes vientos e intensas lluvias provocan grandes inundaciones en zonas costeras y en el interior por el desborde de ríos y embalses. Por lo que el empleo de los mapas y ahora de los SIG se ha hecho imprescindible para el manejo de dichos fenómenos por parte de los órganos de la Defensa Civil, desde su Estado Mayor Nacional (EMNDC) a los Consejos de Defensa provinciales y municipales, incluyendo los centros Territoriales de Gestión para la Reducción de Riesgos.

Conjuntamente con el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y el EMNDC funciona un SIG con las principales presas y embalses del territorio nacional, para el monitoreo de las áreas propensas a inundaciones por desbordamiento o rotura de las cortinas, con actualización automatizada de los datos por el INRH.

En los estudios de riesgos que actualmente se realizan, previo a la ejecución de proyectos constructivos, se pueden emplear los SIG para analizar temáticas como:

*“peligros geológicos; características de las pendientes; series climáticas de hasta 200 años; penetraciones del mar; calidad de las masas de agua cercanas o que pudieran ser afectadas por el proyecto, de las superficiales y subterráneas; peligros acarreados por la aparición de fuerzas de supresión provocadas por las aguas subterráneas; los caudales máximos para las diferentes probabilidades; escorrentías; grado de conservación de la vegetación y los daños que puede sufrir durante el embate de los eventos meteorológicos extremos; descripción de las instalaciones desde el punto de vista constructivo; vulnerabilidad ingeniero - geológica, estructural, no estructural y funcional; la valoración de los riesgos a que se someten las instalaciones” (4).*

Hoy en día se ha extendido el empleo de los SIG a los Puestos de Mando Provinciales de la Defensa Civil, así como a los Centros Territoriales de Gestión de Riesgos dotados con tecnologías de punta para el cumplimiento de su misión.

## 1. EMPLEO DE LOS SIG EN EL ENFRENTAMIENTO DE CICLONES TROPICALES Y PENETRACIONES DEL MAR.

Durante el enfrentamiento de fenómenos meteorológicos adversos como ciclones tropicales y penetraciones del mar, se debe actuar de forma rápida y oportuna con el objetivo

de evitar la mayor cantidad de pérdidas humanas y materiales posibles auxiliándose de diversos medios que garanticen el cumplimiento de las siguientes acciones:

- Ubicación y ploteo preciso del fenómeno meteorológico previendo su posible movimiento y lugares de afectación.
- Establecimiento de las distintas fases para la protección de la población y la economía.
- Control del cumplimiento de los distintos planes de evacuación de recursos humanos y materiales.
- Control de las distintas zonas de afectaciones por penetraciones del mar.
- Control de las pérdidas y afectaciones provocadas por estos fenómenos.

Tradicionalmente estos trabajos se realizaban en su totalidad mayormente de forma manual con el empleo de mapas impresos, gráficos y tablas desplegadas en el Puesto de Dirección hasta que se comienzan a introducir de forma operativa las nuevas técnicas de los SIG con estos fines en el EMNDC.

Para la realización de estas tareas de forma automatizada empleando los SIG, ha sido necesario fue la implementación de bases cartográficas digitales (BCD) básicas del territorio nacional y su entorno. Se han utilizado las siguientes:

- Mapa digital a escala 1:500 000 de Centroamérica y el Caribe.
- Mapa topográfico digital a escala 1:250 000 de todo el país.

- Mapas planimétricos digitales a escala 1:25 000 de capitales provinciales y otros pueblos y ciudades propensos a inundaciones.
- Sistema Mapa Amigable (contiene todas las BCD anteriores, el modelo digital del terreno y otros datos cartográficos).

Estas BCD están diseñadas con una estructura de datos vectoriales para SIG, son la base para la creación de distintas bases de datos temáticas, así como para el ploteo automatizado (georreferenciación) de distintos fenómenos, como los ciclones tropicales.

### 1.1. Ubicación y ploteo preciso de ciclones tropicales previendo su posible movimiento y lugares de afectación.

Para el ploteo del movimiento de los ciclones se parte de los boletines oficiales del Instituto de Meteorología, así como en algunos casos se emplean datos procedentes de diversas fuentes fidedignas nacionales y extranjeras. Los mismos son introducidos en la base de datos del SIG y se van ploteando de forma automática por sus coordenadas (Latitud y Longitud) con ayuda del SIG en la medida que se van recibiendo, creándose una tabla o base de datos georreferenciados, que se superpone sobre los diferentes mapas digitales, como el de Centroamérica y el Caribe a escala 1:500 000 y el de nuestro país a escala 1:250 000, permitiendo realizar diferente análisis sobre el terreno, mediciones exactas y cálculos con las diferentes herramientas del SIG, sustituyendo los métodos manuales y aumentando la exactitud y rapidez en la toma de las decisiones.

Boletín	Hora - Día	Lat. Norte (Décim. Grados)	Long. Oeste (Décim. Grados)	Rumbo	Veloc. Trasl. (Km/H)	Veloc. Viento (Km/H)	Presión (hPa)	Clasificación	Categ. (Esc.Saff.-Simp.)
AE 1	1200 15-9	9.0	-25.9	O	33	55	1006	DT	-
AE 2	1800 15-9	9.6	-27.7	O-ONO	30	55	1006	DT	-
1	1100 16-9	10.5	-32.4	O	30	64	1005	TT	-
2	1800 16-9	10.7	-34.3	O	30	72	1004	TT	-
3	0600 17-9	12.5	-41.4	O	32	120	987	H	1
4	1800 18-9	13.7	-48.7	O	22	165	970	H	2
5	1800 19-9	16.1	-54.8	O-ONO	32	232	944	H	4
6	0600 20-9	16.1	-57.3	O-ONO	28	240	939	H	4
7	1800 20-9	16.5	-60.1	O	28	210	956	H	4
8	1200 20-9	16.9	-61.0	O	25	185	966	H	3
9	0600 21-9	17.4	-63.4	O	18	175	967	H	3
10	1200 21-9	17.7	-64.6	O-ONO	22	175	966	H	3
11	1800 21-9	18.0	-65.8	O-ONO	25	175	967	H	2
12	2400 21-9	18.1	-67.1	Prox. O	23	175	978	H	2
13	0600 22-9	18.1	-68.2	O	20	175	970	H	2
14	1200 22-9	18.3	-69.3	O	22	192	961	H	2
15	1800 22-9	18.9	-70.5	ONO	22	175	970	H	2
16	2400 22-9	19.2	-72.1	ONO	22	130	986	H	1
17	0600 23-9	19.6	-73.5	ONO	22	120	986	H	1
18	1200 23-9	19.8	-74.4	O-ONO	20	120	996	H	1
19	1500 23-9	19.8	-74.2	O-ONO	15	120	995	H	1
20	1800 23-9	19.8	-74.4	O-ONO	20	120	993	H	1

Tabla No. 1. Fragmento de una base de datos para el ploteo de un ciclón tropical.

### Siglas empleadas en la tabla No.1.

AE - Aviso especial  
 N - Norte  
 S - Sur  
 E - Este  
 O - Oeste  
 SE - Sur Este

SO - Suroeste  
 ONO - Oeste Noroeste  
 ENE - Este noreste  
 NNO - Norte noroeste  
 DT - Depresión tropical  
 TT - Tormenta tropical  
 H - Huracán

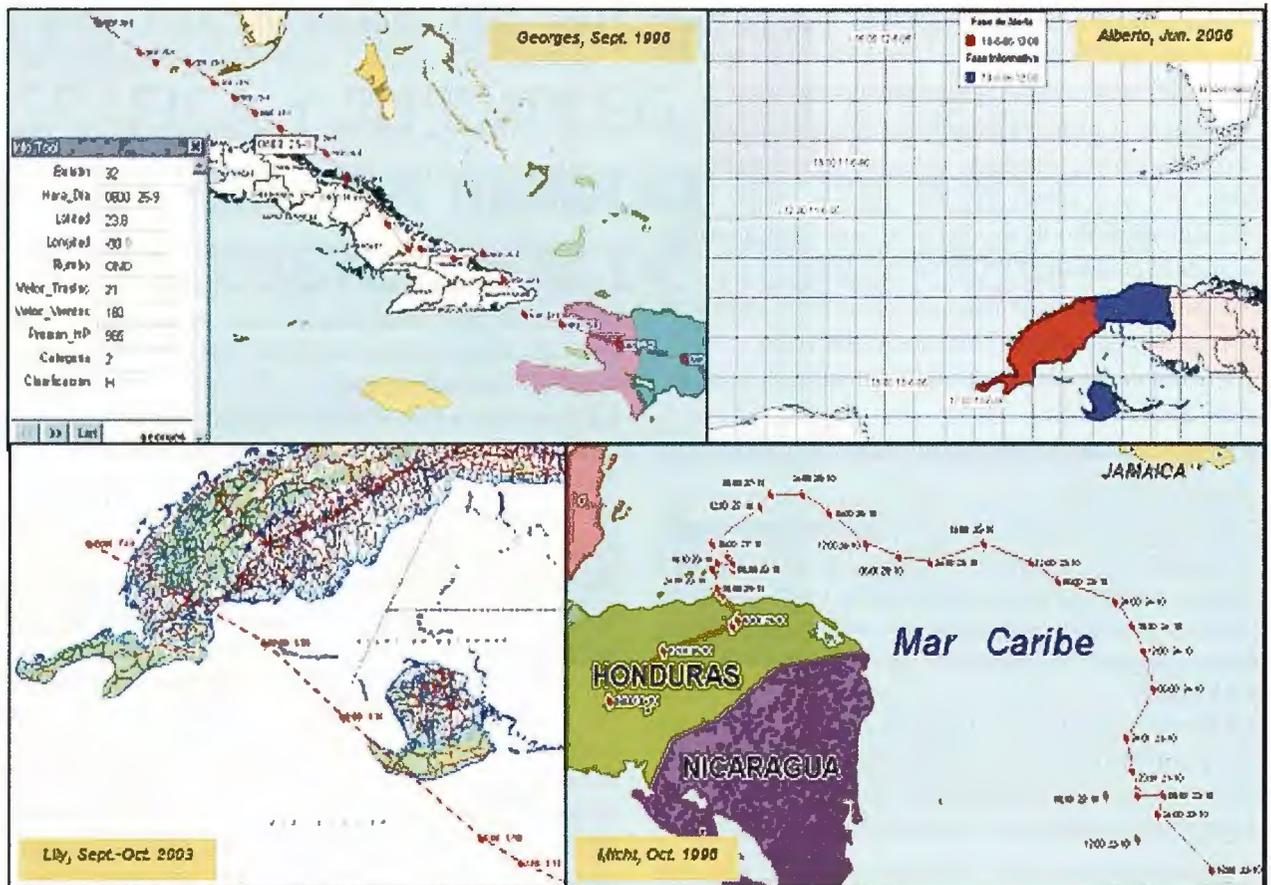


Fig. No.1. Monitoreo de ciclones tropicales empleando un SIG.

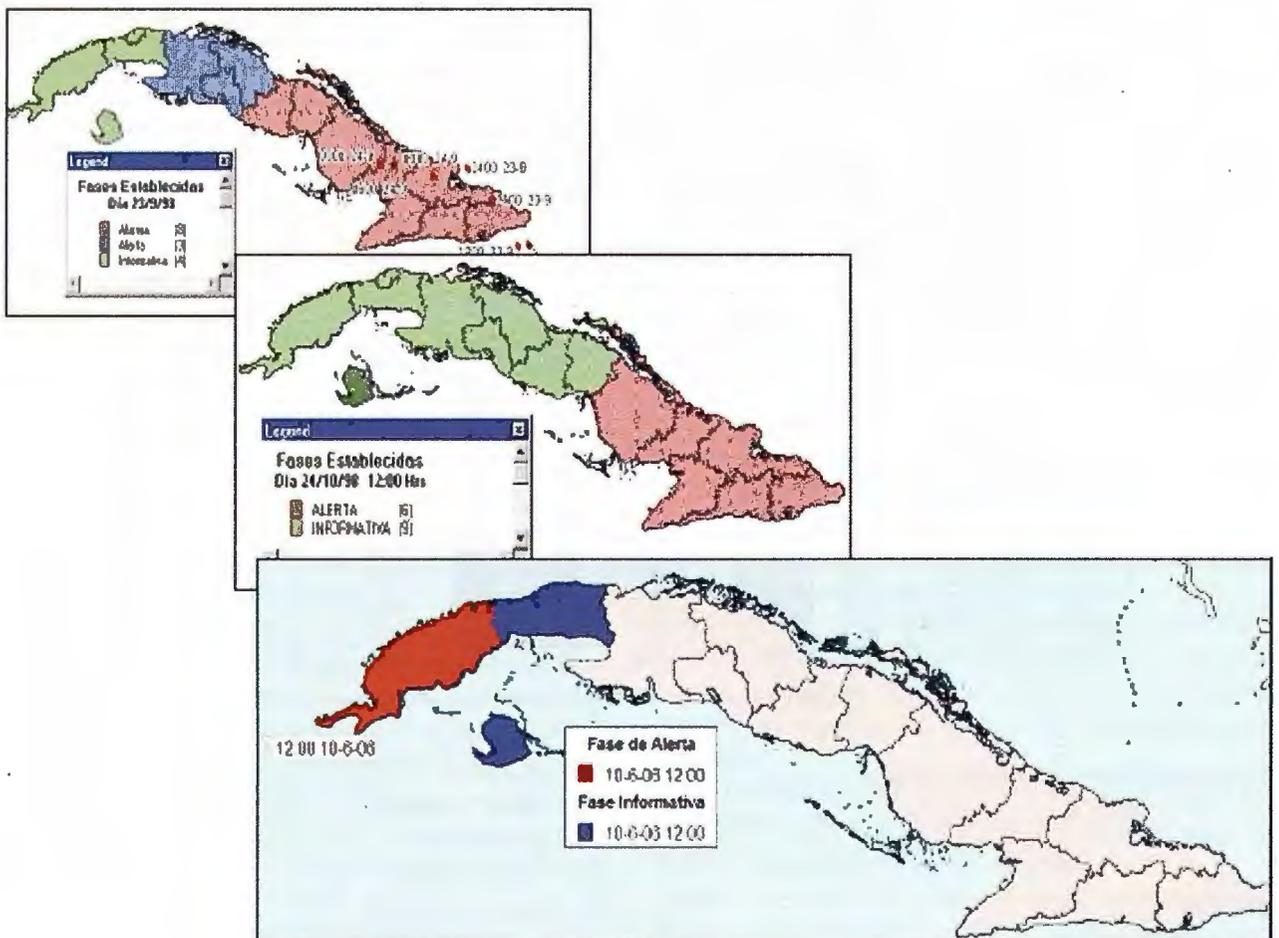
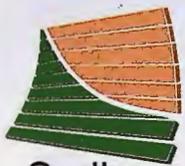


Fig. No.2. Control de fases de protección establecidas durante el enfrenamiento a ciclones tropicales.



# la solución más sencilla



Sadim

grupohunosa

Sadim Sociedad Asturiana de Diversificación Minera S.A.

C/ Jaime Alberti, 2 · 33900 Ciaño Langreo. Asturias (España)

Tlfo.: (+34) 985 678 350 · Fax: (+34) 985 682 664



comercial@sadim.es [www.sadim.es](http://www.sadim.es)



### 1.5. Control de las pérdidas y afectaciones provocadas por ciclones tropicales.

Con ayuda del SIG se pueden realizar distintos tipos de análisis para determinar la cuantía de pérdidas y afectaciones teniendo en cuenta el movimiento del ciclón, así como los detalles del terreno y otros datos de interés temático, como distintos objetivos de interés económico y social que se necesiten proteger o recuperar después del paso del fenómeno.

También se pueden georreferenciar las distintas tablas de resúmenes de pérdidas y afectaciones que se elaboran en el EMNDC para la realización de análisis e informes, permitiendo de esta forma llevar mucho mejor las estadísticas y controles directamente sobre los elementos del terreno.

### 2. EMPLEO DE LOS SIG EN LOS CENTROS DE GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS A NIVEL TERRITORIAL

Hoy en día se ha extendido el empleo de los SIG a los Puestos de Mando Provinciales y Municipales de la Defensa Civil, así como a los Centros de Gestión para la Reducción de Riesgos (Fig. No.10) dotados con tecnologías de punta con el objetivo de evitar desastres que puedan afectar la población y la economía. Esto no es más que el manejo de la información territorial en función la gestión de riesgos para la reducción de desastres.

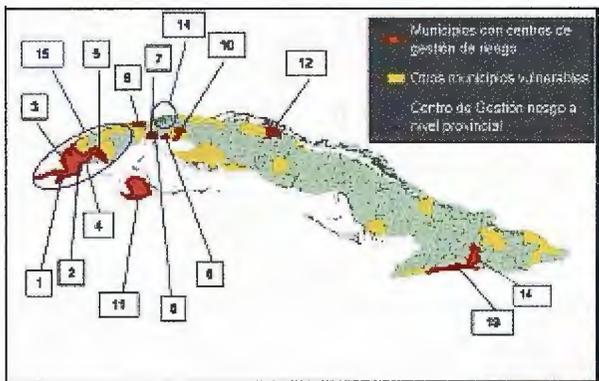


Fig. No.10. Centros de Gestión para la Reducción de Riesgos

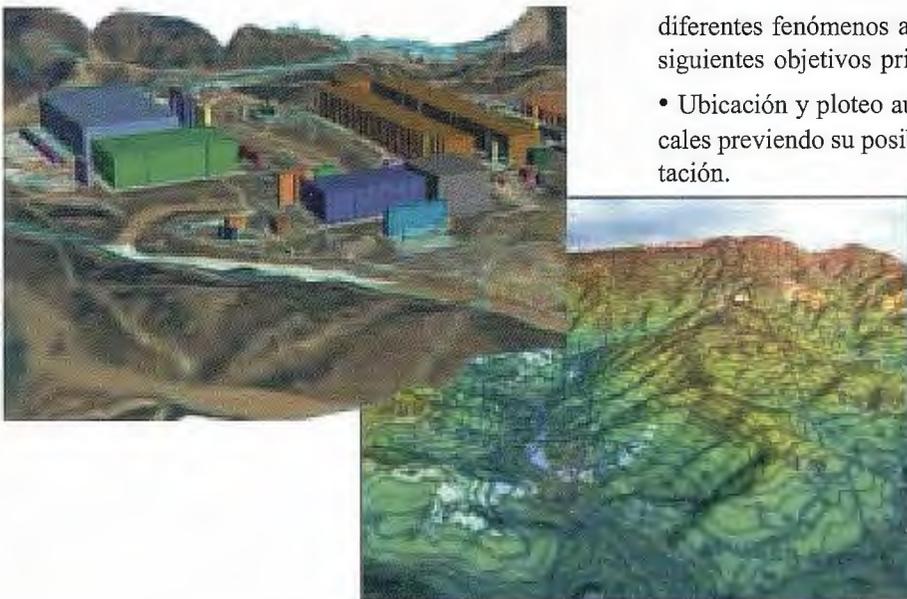


Fig. No.11. Modelos digitales del terreno para la gestión de riesgos

Los peligros de desastres que pueden afectar nuestra Seguridad Nacional se definen en la Directiva No. 1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la organización, planificación y preparación del país para situaciones de desastres, clasificados por su origen son:

#### 1. Naturales:

- Ciclones Tropicales.
- Intensas Lluvias.
- Tormentas Locales Severas.
- Deslizamientos de tierra.
- Sismos.
- Intensas sequías.
- Incendios en áreas rurales.

#### 2. Tecnológicos:

- Accidentes catastróficos del transporte.
- Accidentes con sustancias peligrosas.
- Explosiones de gran magnitud.
- Derrames de hidrocarburos.
- Incendios de grandes proporciones en instalaciones industriales y edificaciones.
- Derrumbes de edificaciones.
- Ruptura de obras hidráulicas.

#### 3 Sanitarios:

- Epidemias (Dengue Hemorrágico, Neuropatía Epidémica).
- Epizootias (Peste porcina africana, Cólera Porcino).
- Epifitias y Plagas y enfermedades (Roya de la Caña de Azúcar, Moho Azul del Tabaco, Thrips Palmi).

El empleo de los SIG para la gestión de riesgos a nivel territorial actualmente constituye una necesidad para la lucha contra desastres que puedan afectar a la población y a la economía ante

diferentes fenómenos adversos. Los mismos tendrán 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.
- Vigilancia y alerta temprana ante incendios forestales.

Escala	Temáticas	Contenido
1:25 000	Relieve (MDT)	Curvas Índice, Principal, Complementaria.
1:25 000, 1:100 000	Ejes Viales	Autopista, Carretera I Orden, Carretera II Orden, Terrapién Mejorado, Vía férrea, Terrapién no mejorado, Camino, Sendero.
	Hidrografía	Según Directiva 1/05
	Estructuras administrativas	Según Directiva 1/05
	Asentamientos Poblacionales	Según Directiva 1/05
	Bases de Datos Temáticas	Según Directiva 1/05
1:2 000, 1:1 000 (urbanos)	Manzanas	
	Ejes de calles	
	Hidrografía	Según Directiva 1/05
	Vías Férreas	
	Puentes	Clase, material.
	Áreas Verdes	Parque, Separador de vial.
	Contorno Urbano	
Bases de Datos Temáticas	Según Directiva 1/05	

Tabla No. 2.  
Información cartográfica básica para los SIG de los Centros de Gestión para la Reducción de Riesgos.

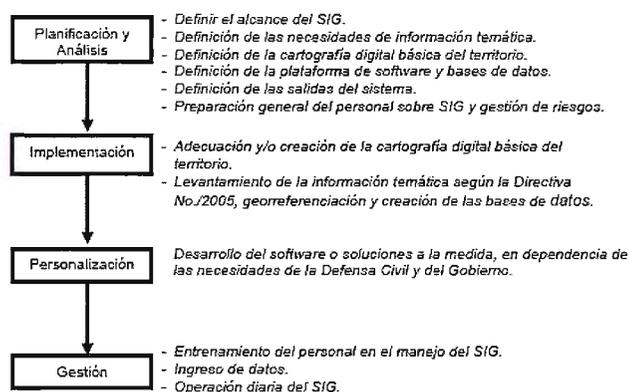
- Georreferenciación de objetivos económicos que puedan provocar desastres tecnológicos y sanitarios, así como los que estén en riesgo de ser afectados por estos.
- Sentar las bases para la inserción de estos sistemas en la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales de la República de Cuba (IDERC).

Los SIG en los Centros de Gestión para la Reducción de Riesgos deben contener la información cartográfica temática según lo establecido en la Directiva No.1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional que se detalla a continuación:

- Límites territoriales.
- Ubicación de los puestos y puntos de dirección.
- Principales áreas vulnerables.
- Principales embalses, ríos, canales, conductoras de agua, estaciones de bombeo y plantas potabilizadoras.
- Aeropuertos, plazaletas para helicópteros, corredores aéreos, áreas de protección de embarcaciones.
- Instituciones médicas, de medicina veterinaria y sanidad vegetal.
- Comandos de bomberos.
- Ubicación de formaciones especiales, unidades FAR y MTT especializadas en TSRUA.
- 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.

Como información cartográfica básica para estos SIG (Tabla No.2) se emplean las bases cartográficas digitales existentes de cada territorio a escalas 1:100 000, 1:25 000, 1:10 000, 1:2 000 o 1:1 000 (urbanos).

Como parte de estos SIG también se pueden obtener modelos digitales del terreno y mapas tridimensionales de zonas rurales y urbanas para determinar por ejemplo áreas de peligro de inundaciones por intensas lluvias o por desborde de presas.



Para la implementación de un SIG en la gestión de riesgos a nivel territorial es necesaria la realización de las tareas que se detallan en el siguiente esquema tecnológico general:

## CONCLUSIONES

Se muestran algunas de las experiencias cubanas en la utilización de los SIG durante el enfrentamiento fenómenos meteorológicos adversos, como ciclones tropicales y penetraciones del mar durante los últimos tiempos. Con ello se han obtenido muy buenos resultados ganando en exactitud en la ubicación de estos fenómenos, realizando distintos tipos de mediciones, cálculos y análisis de forma automatizada, lo que ha permitido determinar mucho mejor las posibles áreas que se afectan, los recursos a evacuar y las medidas a tomar teniendo en cuenta las características del terreno que se pueden obtener del SIG. El empleo de los SIG para la gestión de riesgos a nivel territorial constituye actualmente una necesidad para cumplir lo establecido en la Directiva No.1/2005 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la planificación, organización y preparación de país para situaciones de desastres.

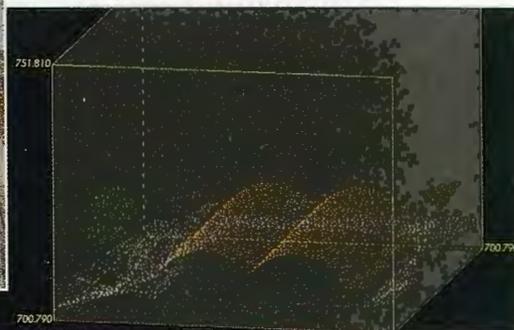
## BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- 1) 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. Junio 2005.
- 2) Rivero Reyes F, Batista Matos R, Cuzán Fajardo Y. Perspectivas de utilización de los Sistemas de Información Geográficas en los estudios de riesgos, CD Room Informática 2004.
- 3) Rodríguez Hernández Silvio, Empleo de un Sistema de Información Geográfica para el enfrentamiento de fenómenos meteorológicos adversos. CD Room Informática 2000.
- 4) Rodríguez Hernández Silvio y coautores, Organización de los proyectos de Sistemas de Información Geográfica Territoriales en Cuba en interés de los gobiernos municipales. CD Room Informática 2004.

# Sensores Lidar

¿Quiere ver el mundo con otra perspectiva?

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.



Vuelo digital + LIDAR. 18 cm, Comunidad de Madrid

## Aplicaciones:

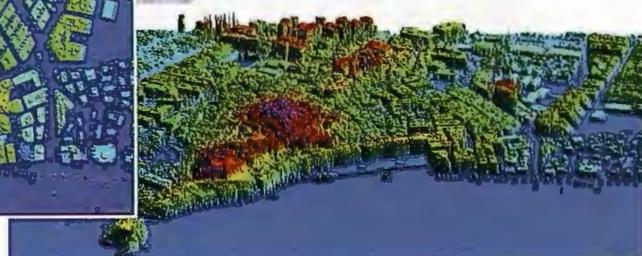
- Aplicaciones cartográficas
- Modelos hidráulicos
- Estudios forestales
- Modelos tridimensionales urbanos
- Seguimientos de costas
- Líneas eléctricas, inventario, puntos críticos



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

## Productos derivados:

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



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/m<sup>2</sup>
- 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](http://www.stereocarto.com)



# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL DRAGADO DEL TRAMO DEL RIO ALMENDARES DESDE CALLE 23 HASTA LA DESEMBOCADURA.

MSc. Fermín Vega Desdín, Lic. Mario Nadal Llosa, MSc. Daisy López García, Ing. Ángel Luis Chirino Núñez, Ing. Ramón Rodríguez Pérez, Ing. Héctor Rondón Llero, Lic. Eleonora Villa, Lic. Nivia Valdés Carmona, Tec. Miguel Blanco Concepción, Tec. Pedro Moureo, MSc. Norberto Capetillo Piñar, MSc. Alejandro Morales.

GEOCUBA Ciudad Habana.

XII Convención y Expo. Internacional

## RESUMEN.

En la actualidad el Parque Metropolitano de la Habana (PMH) constituye uno de los proyectos urbanísticos que pretende desarrollar el gobierno, con vistas a propiciar el programa de saneamiento ambiental y la creación de un centro de esparcimiento y disfrute para los pobladores y visitantes de la capital. Dentro de este proyecto, el Río Almendares constituye una de sus principales atracciones, pero como se conoce en la actualidad el cauce inferior de dicho río se encuentra azolvado y en ciertos tramos casi estrangulado, restándole capacidad de drenaje durante las grandes avenidas en el período lluvioso y provocando el estancamiento de las aguas durante la sequía.

Con el dragado de su desembocadura hasta el puente de la calle 23 se pretende iniciar una serie de actuaciones con la finalidad de mejorar las condiciones naturales de la corriente fluvial de manera que el río retome su importante papel dentro del Parque Metropolitano. A su vez, la ampliación y mejoramiento de su cauce y la adecuación de sus riberas minimizarán de manera notable las periódicas inundaciones que sufren algunos asentamientos poblacionales localizados en zonas bajas próximas al río, fundamentalmente el barrio "El Fanguito".

El Dragado se realizará en la desembocadura del Río Almendares hasta el puente de la Calle 23. Se han definido dos zonas generales para el dragado de saneamiento del río: Dragado del cauce del río y limpieza de las márgenes.

Como parte de este estudio se realizó una descripción general del proyecto en cuestión donde se analizaron las distintas variantes de ejecución del dragado, determinándose para cada una de estas variantes la disposición final del material extraído, así como, un análisis del presupuesto que se necesita para ejecutar las mismas. Se realizó un levantamiento de la línea base ambiental donde se describieron las principales variables oceanográficas y de calidad de las aguas y los sedimentos del río, las condiciones batimétricas y geológicas del tramo en cuestión, la biota acuática y terrestre de sus márgenes, así como, los principales objetos que se encuentra fondeados en este tramo.

Se realizó un análisis muy detallado de los posibles impactos que se puedan generar durante y después la ejecución del proyecto con un sistema de medidas preventivas, de mitigación y correctoras para compatibilizar la obra con el medio ambiente.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Parque Metropolitano de la Habana (PMH) constituye uno de los proyectos urbanísticos que pretende desarrollar el gobierno, con vistas a propiciar el programa de saneamiento ambiental y la creación de un centro de esparcimiento y disfrute para los pobladores y

visitantes de la capital. Dentro de este proyecto, el Río Almendares constituye una de sus principales atracciones, pero como se conoce en la actualidad el cauce inferior de dicho río se encuentra azolvado y en ciertos tramos casi estrangulado, restándole capacidad de drenaje durante las grandes avenidas en el período lluvioso y provocando el estancamiento de las aguas durante la sequía.

Con el dragado de su desembocadura hasta el puente de la calle 23 y la limpieza de sus márgenes se pretende iniciar una serie de actuaciones con la finalidad de mejorar las condiciones naturales de la corriente fluvial de manera que el río retome su importante papel dentro del Parque Metropolitano.

A su vez, la ampliación y mejoramiento de su cauce y la adecuación de sus riberas minimizarán de manera notable las periódicas inundaciones que sufren algunos asentamientos poblacionales localizados en zonas bajas próximas al río, fundamentalmente el barrio "El Fanguito".

## RESULTADOS.

El Dragado del cauce del río presentará un ancho y cota de proyecto limitados e impuesto por las condiciones de fronteras siguientes:

- Puente de Hierro
- Riberas del Río en la zona del fanguito.
- Emisario Submarino
- Túnel de 5 ta Avenida
- Sifón
- Túnel de Línea

La limpieza de las márgenes se dificulta en los sectores donde existen construcciones como antiguos muelles y atraques en general, cuya característica fundamental es la presencia de sedimentos y de vegetación, principalmente malangueta.

Para la extracción de este material no existe información de las estructuras de estos muelles y atraques, solamente será extraída de forma manual la malangueta y la capa superficial de sedimentos en el área del depósito, la extracción deberá realizarse con bombas de poca potencia y deberá existir un control técnico adecuado para evitar el sobrecargado de la cota propuesta.

A partir de los estudios de corrientes marinas realizados en la zona marítima N de La Habana se determinó que la

zona de vaciado debe ubicarse en un límite de 5 millas de la costa, a profundidades mayores de 1 000 m.

Como criterios para escoger la zona de vaciado se determinó la posibilidad de contaminación de la zona costera y los fondos de la plataforma marina por los vertimientos. Fueron estudiadas cuatro variantes de ejecución en dependencia de las tecnologías que poseen los probables ejecutores y sobre la base de que el presupuesto con que se cuenta es limitado.

La Variante 1 de ejecución del dragado es con draga de mordaza con cántara propia y vaciado en aguas profundas.

Para hacer viable esta variante se impone que el “Puente de Hierro” esté operativo y pueda girar para permitir el cruce de la draga tantas veces como se requiera (no menos de tres veces por día). Se proponía la descarga en aguas profundas, en un vaciado ubicado a 5.5 millas náuticas (MN) del lugar de los trabajos.

La Variante 2 de ejecución del dragado es con draga de mordaza, acarreo con Gánguiles y vaciado en aguas profundas (5.5 millas náuticas).

Esta variante de ejecución sólo que presenta el inconveniente de las restricciones de maniobra que existen para el dragado a partir del Puente de Hierro (interior del río). Solamente las empresas ejecutoras que poseen esta tecnología pueden definir si pueden organizar el tren de dragado en el interior del río con las condiciones limitadas que existen.

La Variante 3 de ejecución de dragado es con draga de mordaza con cántara propia y vaciado combinado en aguas profundas y terrestres.

Esta variante se ejecutará con una draga autopropulsada de mordaza con cántara (Proyecto “Margarita” o equivalente) y presupone la ejecución desde la desembocadura hasta el Puente de Hierro vaciando en aguas profundas como se ejecuta en la variante 1, sin tener que abrir el puente de hierro.

A partir de esta sección, el Puente de Hierro sólo deberá abrirse al inicio de los trabajos y durante la retirada para la entrada y salida de la draga, por lo que no necesita de la reparación del mismo o su apertura temporal durante el tiempo que dure el dragado de estas secciones. La draga puede acceder a la zona de los trabajos navegando.

Para descargar el material que se extraiga en el dragado, se prevé aprovechar la explanada libre que existe en Chullima y construir un dique para evitar que el material se derrame fuera del área prevista para su depósito.

El material depositado en la explanada se debe poner a secar para su posterior carga y transportación mediante camiones de volteo al vaciado definitivo. Como vaciado definitivo se propone el relleno de las canteras del Husillo.

La Variante 4 es con el empleo de una draga de succión con vaciado en tierra para lo cual es necesario una explanada mucho mayor que las disponibles para el bombeo de la draga y el posterior secado del material, pues la cantidad de agua es elevada, lo que requiere un buen sistema de drenaje y la impermeabilización del dique o con vaciado en mar en aguas profundas que de igual forma se requiere la confinación del material para luego rebompearlo hacia los gánguiles con una bomba de menor po-

tencia que la draga y adecuar estos para poder recibir la mezcla.



La mejor decisión es acometer una solución híbrida entre las variantes 2 y 4; la cual consiste en la realización del dragado en la zona externa hasta el Puente de Hierro empleando draga de mordaza y acarreo con Gánguiles hasta el vaciadero en aguas profundas y en el resto de la zona a dragar aguas arriba hasta el puente de la calle 23, el empleo de draga de succión estacionaria con vaciadero temporal conformado con GeoTubos en la margen occidental de la desembocadura del río adyacente al puente de hierro, desde donde se cargarán los gánguiles que transportarán el material hacia el vaciadero único definitivo en aguas profundas.

Las características físico- geográficas de la zona se encuentran condicionadas por la influencia marítima y determinadas fundamentalmente por la estrecha interacción existente entre el relieve, la vegetación, los complejos litológicos y los procesos hidrodinámicos; y la incidencia directa de las acciones antrópicas.

El Río Almendares en el tramo desde la desembocadura hasta 30m al S del puente de hierro, presenta profundidades superiores a 1.8 m, profundidad exigida para el acceso de la draga. A partir de aquí hasta el muelle N de los astilleros Chullima existen cotas inferiores a 1.8 m, hasta el muelle S de dichos astilleros en que aumentan nuevamente hasta la costa frente a la Sociedad Dinamo "Capitán San Luis" en que disminuyen nuevamente hasta el puente de la calle 23.

El Estudio Ingeniero Geológico coincide plenamente con el encontrado en etapas anteriores: Cieno limo – arenoso orgánico, color gris oscuro, olor fétido, con fragmentos de conchas, muy saturado, baja compresibilidad, consistencia fluida al principio a blanda al final, plasticidad ligera, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, corresponde con un suelo de tipo CL.

En toda el área la profundidad mínima del techo de la roca es de -2.0 m y la máxima alcanza valores superiores a los -6.0 m respecto al N.M.M. Los máximos valores se alcanzaron en la margen W y los mínimos en la orilla E.

Según el estudio para la Localización e identificación de los objetos del fondo del río, en junio del 2004 en el fondo del río se detectaron los siguientes objetos y obras:

- o Túnel de Malecón
- o Túnel de Línea
- o Sifón
- o Emisario submarino.

En las márgenes del río asociados al desarrollo de la actividad pesquera, existen objetos enterrados parcial o totalmente en el cieno limo-arenoso, como por ejemplo restos de embarcaciones fundamentalmente de madera o plástico y pilotes de antiguos muelles, según los límites del dragado proyectado, estos objetos además de encontrarse fuera de los límites de la franja propuesta a dragar y en profundidades menores de 0.50 m, no constituyen peligro alguno.

La cuenca, en general, tiene poca vegetación. En su parte superior predominan los pastos y en la parte inferior, las zonas urbanas que producen un considerable aporte de albañales.

Los suelos predominantes en la cuenca, según la clasificación morfológica, son los del tipo Hatuey, Truffiín y Palmarito, con velocidades de infiltración que oscilan en-

tre 0,5 y 0,2 mm/min.

La región de interés se enmarca dentro de la "Zona 0", en la que la sismicidad se cataloga como baja sin efectos dañinos para las construcciones, no siendo necesario tomar medidas sismorresistentes en estructuras y obras, planteándose además que no obstante, desde un punto de vista estadístico no puede afirmarse que existe sismicidad nula.

Por la influencia marítima, el clima en la región se presenta como tropical marítimo, mostrando un régimen térmico moderado, humedad relativa alta y vientos predominantes del I Cuadrante con intensidades moderadas. Con relación a las precipitaciones se aprecian dos períodos bien diferenciados, uno lluvioso de Mayo a Octubre y uno poco lluvioso de Noviembre a Abril.

Los comportamientos de la temperatura y la salinidad de las aguas en la desembocadura del Río Almendares se encuentran determinados por su intercambio con el mar abierto adyacente y a la época del año (Períodos lluviosos y poco lluvioso). Analizando diversas fuentes de informaciones precedentes se puede concluir que los patrones termohalinos muestran en período lluvioso una marcada estratificación, observándose dos capas bien diferenciadas: una superficial de espesor variable en dependencia a la magnitud del gasto de la corriente, caracterizada por su baja salinidad y una de fondo con valores halinos similares a las aguas del mar abierto adyacente. En cuanto a la temperatura se aprecia las aguas del estrato de fondo presentan valores inferiores a los de superficie durante el día y superiores en las noche, variando de manera general los valores térmicos entre los 20.0-25.0°C en épocas invernales y los 28.0-32.0°C en el verano.

Durante todo el período de investigaciones se mantuvo una observación constante del entorno natural, que permitió valorarlo cualitativamente en su forma más general. En las aguas se detectó la existencia de olor a sulfídrico típico de ambientes poco oxigenados, el color del agua fue verde -carmelitoso, se observó la presencia de sólidos flotantes de procedencia antrópica y abundante vegetación en las aguas (malangueta) en las márgenes del río.

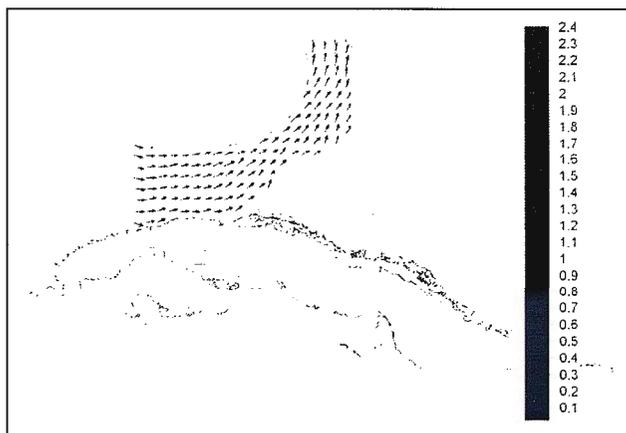
De la observación del fondo se pudo constatar que los sedimentos del Río Almendares son del tipo cieno limo-arenoso orgánico, de color gris oscuro, olor fétido y con fragmentos de conchas. Según *Perdomo Castillo J. (1999)* estos se muestran muy saturados, de baja compresibilidad, coexistencia blanda y ligera plasticidad. Clasificando como suelo cuya potencia total alcanza mas de 20 m.

La transparencia relativa en la zona estudiada fue muy baja producto de la alta turbidez y la suspensión de sólidos en las aguas. Los registros de turbidez de las aguas presentaron una tendencia a disminuir a medida que se avanza hacia la desembocadura del río. La fracción de sólidos en suspensión en la zona de interés es muy pequeña y se encontró en todos los casos por debajo del límite de detección reportado para el método analítico empleado cumpliendo con los índices de la *NC 25: 1999* para cuerpos de agua dulce de interés pesquero.

Atendiendo a la curva de oscilaciones del nivel del mar en el litoral, la marea clasifica como mixta, semidiurna irregular del tipo sinódico, presentando dos bajamares y dos pleamares durante el día lunar con marcadas desigualdades en amplitud y tiempo en función de la fase de la luna y

su declinación. A lo largo del año se observa la ocurrencia de las mayores alturas del nivel del mar por marea en los meses de Septiembre-Octubre y los menores en Febrero-Marzo.

En el tramo costero entre Bahía Honda y Puerto Escondido predomina en la capa superficial un flujo al E alejado de la costa con velocidades superiores a un nudo y cercano a la misma existe una contracorriente que posee velocidades menos intensas, las que varían entre 0.5 y 1 nudo. En la zona al norte de Bahía Honda ambos períodos se registran corrientes de componente SE, S y SW con intensidades que oscilan entre 38 y 70 cm/s y hacia el norte, en la región que marca el área 1 las corrientes se intensifican hasta alcanzar valores entre 70 y 80 cm/s con una dirección predominante hacia el este.



La vegetación predominante es el algarrobo (*Samanea saman*) y la flor de pedo (*Agdestis clematidea*), ésta última tapiza no sólo los árboles, sino también el suelo. El laurel de la India (*Ficus benjamina*) crece generalmente sobre el algarrobo, estrangulándolo, por lo que si esta especie sigue extendiéndose, terminará por destruir el bosque de algarrobos.

Esta comunidad boscosa, presenta dos estratos arbóreos, uno dominante con abundancia de (*Samanea saman*, *Ficus benjamina*, *Pithecellobium dulce* y etc. y otro en el que encontramos *Trichilia glabra*. Además un estrato arbustivo en el que abunda *Piper auritum* y uno herbáceo con predominio de *Panicum maximum* y *Euphorbia heterophylla*.

Las especies que se hallan en la zona son mayormente alóctonas (introducidas), oriundas mayormente de Asia tropical oriental (sudeste asiático) y de la América tropical continental.

Las especies de angiospermas y pteridófitos que crecen en este lugar, pueden ser recomendados como capaces de resistir ambientes periódicamente inundados por aguas contaminadas.

La vegetación acuática del tramo estudiado esta formada por las malanguetas y el indeseable paraná que para los efectos de este proyecto son los responsable de atrapar sedimento hasta formar verdaderos cayos en el río, estos traen como consecuencia la disminución del caudal del mismo.

Del estudio hidroquímico se pudo constatar que la contaminación de las aguas es bastante alta, no obstante, se observaron algunas especies de peces, destacándose en el interior del río: las tilapias, guajacones, etc. Mientras que

hacia la desembocadura del río el mar penetra y las aguas adquieren cualidades de aguas de mar propiciando que existan otras especies de este medio marino destacándose aunque son pocos y pequeños especies como: *Acanthurus coeruleus*, *A. bahianus*, *Scarus taeniopterus* (fase inicial y terminal), *Sparisoma viride* (ambas fases), *Gramma loreto* y *Thalassoma bifasciatum* en ocasiones aparecen: *Sparisoma aurofrenatum*, *S. chrysopterum*, *S. rubripinne*, *Anisotremus virginicus*, *Epinephelus cruentatus*, *Chaetodon capistratus*, *Haemulon carbonarium* y *Microspathodon chrysurus*.

En su recorrido, el Almendares pasa por 8 municipios de Ciudad Habana, según la incidencia del proyecto los municipios que se verán afectados son el Municipio Playa y Plaza de la Revolución.

Valorando el comportamiento de los principales indicadores de la calidad del agua estudiados, se pudo constatar que los principales problemas que afectan la calidad de las aguas superficiales del Río Almendares, están dados por los vertimientos históricos de aguas servidas, tanto domésticas como industriales, sin tratar que el mismo ha recibido. Esto ha generado una fuerte contaminación orgánica y microbiológica con concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto típicas de aguas hipóxicas, alta turbidez, altos contenidos para la DBO y DQO y de los compuestos nitrogenados y fosforados. Otro aspecto de suma importancia son los niveles significativamente elevados de los organismos coliformes fecales y totales típicos de aguas albañales que se encuentran por encima de las Normas estudiadas.

Los Índices de Calidad del Agua calculados para las aguas del Río Almendares corresponden con una situación **DEFICIENTE** para las aguas del sector entre el Puente de 23 y la desembocadura del Río Almendares y **PESIMA** en el caso de los sedimentos.

A partir de los estudios de la línea base de los factores del medio se puede señalar que el entorno del proyecto constituye un área que presenta cierto grado de deterioro debido a la actividad antrópica, que impide el buen desarrollo de la vida marina y terrestre.

Para el entorno marino, las condiciones del medio existente del Río Almendares son malas. Del comportamiento de los principales indicadores de calidad estudiados, se pudo constatar que los principales problemas que afectan la calidad de las aguas superficiales del Río Almendares, están dado por los vertimientos históricos de aguas servidas sin tratar que el mismo ha recibido. Esto ha generado una fuerte contaminación orgánica y microbiológica con concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto típicas de aguas hipóxicas, alta turbidez, altos contenidos para la DBO5 y DQO y de los compuestos nitrogenados. Se presenta una contaminación ligera por hidrocarburos y grasas y aceites en la zona de Chullima producto de las actividades náuticas y de achique de las embarcaciones.

Con respecto a los sedimentos se pudo apreciar una alta contaminación orgánica manifestada en los altos valores del carbón orgánico típicos de sedimentos contaminados y en activa descomposición. Por otro lado los niveles detectados para los metales pesados fundamentalmente Cu, Pb, Zn, Mn, Ba y Al que exceden los reportes internacionales para sedimentos de ríos no contaminados y que son

producto de una fuerte contaminación antropogénica, por la recepción sostenida de efluentes domésticos e industriales.

Del análisis de la evaluación de la calidad de las aguas podemos considerar que desde el punto de vista cualitativo estas se muestran seriamente afectadas y no cumplen con los índices de las Normas consultadas y desde el punto de vista cuantitativo se evalúan de **Deficientes** con valores del ICA del 30.7 %.

### **PRINCIPALES IMPACTOS DEL PROYECTO.**

En el análisis de los posibles impactos de las diferentes actuaciones que abarca el Proyecto se detectaron un total de 12 acciones impactantes sobre 7 factores del medio, siendo los siguientes los de mayor importancia:

En la fase constructiva existirá un incremento de los niveles de ruido con respecto a los habituales. Este será causado, en primer lugar, por el trasiego de las embarcaciones ejecutoras del dragado. En este caso se considera irrelevante el impacto debido a la baja intensidad del mismo y a la ausencia de impactos indirectos pues será puntual y solamente afectará a la tripulación de la embarcación y permitirá la migración de algunas especies (aves) hacia otros sitios de la ciudad sin afectar severamente a las comunidades existentes en la región.

Todos los equipos que serán utilizados en la obra generan importantes cantidades de ruido, gases y olores, contaminando la atmósfera y empeorando por consiguiente la calidad del aire, aunque es bueno destacar que una vez concluidas las obras desaparecen con bastante celeridad los efectos ocasionados por esta acción. Sus efectos se consideran moderados por la pronta recuperación que logra el sistema.

En cuanto a la flora y la fauna, de cumplirse el proyecto propuesto y la ejecución planteada, la realización del mismo no conlleva afectación severa al área. Es previsible que la afectación potencial interese solo áreas aledañas a la zona de la obra y que la misma tenga poca duración una vez terminada. No existen especies marinas o terrestres de Flora o Fauna que tengan una afectación significativa como producto de la ejecución de la obra dada su pequeña dimensión. Se estima que la afectación ecológica temporal que puede producir la realización de esta, es mínima en relación con los beneficios esperados.

Se estimamos que cualquier dragado en las zona estudiada no pueden crear alteraciones en la fauna bentónica ya que prácticamente no existen debido a la contaminación de sus aguas y sedimentos y las pocas que existen en poco tiempo serán restablecidas, por tanto, el efecto es irrelevante. Para las comunidades terrestres, la zona de afectación directa del proyecto es reducida. Solamente se afectarán las malanguetas, los cayos de paraná y se perturbarán las comunidades acuáticas y terrestre, el área de afectación indirecta es prácticamente nula y solo se afectará a la vegetación secundaria. Por afectación directa entendemos la recogida de malangueta y paraná. Las afectaciones indirectas se refieren al polvo, desechos y otros efectos secundarios producidos por la presencia del hombre y sus maquinarias en las zonas aledañas al proyecto. Para el bosque de la Habana la afectación será muy poca, de existir alguna, ya que el mismo se encuentra algo alejado del radio de acción del proyecto o sitio de operaciones.

En el caso del impacto producido por la presencia humana en la zona, es posible que ocurran talas aisladas de algún árbol por negligencia del personal, así como la pesca y la caza no autorizadas. Estas afectaciones, de ocurrir, pueden ser consideradas como de importancia moderada si se tiene en cuenta que la zona actualmente se encuentra relativamente aislada, por lo que el medio no está preparado para asimilar de forma inmediata al personal que laborará en la obra. Sin embargo, si se cumplen las medidas de mitigación propuestas en este estudio referidas al código de conducta, la educación ambiental y la concientización del personal, estos impactos pueden ser considerados como irrelevantes. Por todo lo anterior el impacto sobre la flora y la fauna del área, en términos de pérdida de biodiversidad se puede considerar como moderado.

Durante la fase constructiva se provoca un impacto negativo sobre el paisaje visual debido a las labores de desbroce de vegetación y dragado. Este impacto permanecerá durante toda esta fase y se evalúa de importancia moderada. En esta etapa la afectación al paisaje submarino será irrelevante debido a la ausencia en las zonas donde será necesario dragar, de valores paisajístico potenciales para la contemplación de los mismos.

En la fase de explotación el impacto sobre el paisaje será positivo debido a que ya se habrán recuperado los impactos de la fase constructiva, quedando un paisaje diferente pero no exento de valores estéticos por el espejo de agua que existirá, la mayor transparencia de las aguas debido a la mayor circulación, permitiendo una integración del río que será compatible con el resto del entorno.

Durante el dragado, en la zona aledaña al sector a dragar la afectación al suelo será mínima debido a que en este sector, este factor del medio está muy antropizado por ser una zona producto del relleno y construcción de explanadas y calles para la construcción de almacenes y empresas, por tanto se considera irrelevante el impacto.

En la fase constructiva existirá un incremento considerable de la turbidez, fetidez, la sedimentación en la zona del río y el transporte de sedimento en suspensión hacia áreas aledañas, causado por la extracción del material. Este impacto será de intensidad muy alta, su extensión será parcial debido a la existencia de corrientes débiles y permanecerá unas horas después de concluida las labores de dragado diariamente, de forma tal que al día siguiente se comenzará esta actividad en aguas con turbidez y fetidez mínima, repitiéndose nuevamente el impacto de forma irregular o periódica cada vez que se realice el dragado. Según los resultados de la matriz de importancia, donde se considera una reversibilidad a corto plazo y una acumulación simple, la importancia del impacto es moderada.

Según los estudios hidrológicos realizados, el régimen actual de circulación en este tramo del río muestra que las aguas están relativamente estancadas al no producirse precipitaciones de consideración y al encontrarse las márgenes del río comprimida por los cayos de paraná que se forman al atrapar el sedimento en suspensión y la mala calidad de sus aguas y sedimentos producto a la gran cantidad de fuentes contaminantes que vierten sus aguas en este río. Con el dragado de este tramo del río el régimen de corriente (caudal) que se establecerá se caracterizará por corrientes con velocidades mayores, lo que permitirá una

# 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](mailto:invar@invarsl.com)  
[www.invarsl.com](http://www.invarsl.com)

mejor renovación de las aguas y por consiguiente una mejoría en la calidad de sus aguas. Este impacto se considera positivo y de importancia moderada.

Uno de los impactos sobre el medio más importante sería el causado por el vertimiento del material dragado en aguas profundas. Al N de Ciudad de La Habana en la capa superficial predomina durante todo el año una corriente estable hacia el E y el ENE con intensidades que oscilan entre 70 y 90 cm/s pudiendo ser superiores en ocasiones, no obstante, pueden surgir pequeños giros ciclónicos o anticiclónicos (meandros) que se desplazan hacia el E variando en determinadas ocasiones la dirección de las corrientes. Con la profundidad la dirección de la corriente y en general su intensidad disminuye, manteniéndose prácticamente el patrón de circulación observado en las capas superiores. De esta forma, atendiendo a la dirección de las corrientes marinas predominantes en el punto de vertimiento en verano fundamentalmente, nos permite asegurar que las aguas contaminadas al ser vertidas mar afuera deben diluirse hacia aguas aún más profundas, sin retomo o acercamiento a la zona costera.

A partir del análisis del patrón de circulación de las corrientes en aguas profundas y teniendo en cuenta la distancia de vertimiento, alejado de la costa a 5.5 millas, es posible determinar que excepto bajo condiciones sinópticas con bajas probabilidades en época de invierno, por lo general durante todo el año se pueden realizar vertimientos sin riesgo alguno de que los sedimentos vertidos la costa puedan ser arrastrados hasta la zona costera. Este impacto puede mitigarse si el vertimiento se realiza en condiciones de calma o como máximo mar fuerza 1 o 2, evitando de esta forma la turbulencia en la zona y a su vez la demora en la precipitación de los sedimentos expuestos. No obstante, se recomienda realizar el vertimiento cumpliendo con las exigencias de los convenios internacionales recogidos dentro del MARPOL; el punto de vertimiento se encontrará a 1 m por debajo del nivel del mar, y se descargarán aproximadamente 100 m<sup>3</sup> cada 4.8 millas náuticas (8.9 Km) de longitud de dispersión, lo que añadido a las profundidades existentes en el área, y la traza de navegación propuesta anteriormente, debe lograr una dilución espaciada de la carga contaminante a concentraciones razonables o permisibles para el área del Caribe. Además bajo las características del vertimiento, y la influencia favorable de las corrientes marinas en el área estos llegarán al fondo marino en muy bajas concentraciones. Si no se cumplen rigurosamente los procedimientos para el vertimiento, puede ocurrir contaminación del mar en aguas internacionales por un volumen relativamente alto de desechos biodegradables.

Además, el área donde se prevé la descarga controlada del material de dragado se caracteriza por ser de baja densidad poblacional con respecto a las regiones más oceánicas pero de alta diversidad de especies. Está fuera de la plataforma insular, es decir, más allá del talud insular. No obstante, hay que tener en cuenta que el análisis microbiológico sugiere la existencia de un albañal típico, por lo tanto es recomendable el aislamiento de los microorganismos presentes. Este resultado es de gran importancia si tenemos en cuenta que puede ocurrir un impacto negativo en el medio ambiente marino y en las zonas costeras cercanas.

Los resultados obtenidos demuestran, que desde el punto de vista hidrodinámico, el dragado del río no debe generar grandes perturbaciones a los regímenes habituales de las mareas y las corrientes de las áreas acuáticas involucradas en el proyecto. Como se explicó anteriormente, las mareas en los P.N.P. nos permite definir que la misma penetra río adentro con un retardo (Desfasaje), o sea, que cuando ocurre el llenante en la desembocadura del río aproximadamente a los 38 minutos es que ocurre en la inmediaciones del Puente de la Calle 23. Como es lógico, en su recorrido hacia el interior la onda se atenúa y se prevé que más adelante, la onda sigue disminuyendo hasta llegar al lugar en que la misma deje de influenciar en la hidrología del río.

El flujo en condiciones normales sin la ocurrencia de inundaciones o aumento del caudal del río, que trae aparejado un aumento del mismo (en ausencia de precipitaciones). Por tanto, podemos decir que el flujo total del río, como es lógico, es en la misma dirección que fluye el mismo hacia su desembocadura. No obstante, cuando ocurre el llenante de marea, esta circulación es prácticamente frenada por la onda de marea, reportándose en estos momentos las velocidades menores de la corriente del río. Al ocurrir el vaciante permite que el río fluya normalmente, alcanzando las mayores velocidades. El dragado de este tramo propicia que estas condiciones se acentúen mucho más intensificando su caudal.

La variación del relieve de la zona sumergida puede considerarse irrelevante debido a que es una zona interior resguardada, lo cual evita que surjan impactos secundarios relacionados con la interrelación de la profundidad del mar, por ejemplo con el oleaje o la dinámica de los sedimentos. El mayor impacto indirecto de la afectación al relieve será, en este caso, sobre el paisaje, debido a que ambos factores se complementan, lo cual se explicará en el tópico correspondiente

Aunque, según la metodología de **Conesa (1994)**, varios de los impactos positivos sobre el medio socioeconómico se evalúan como de importancia moderada, consideramos que la ejecución del dragado en este tramo del río significa un impacto positivo de una importancia relevante sobre este factor, teniendo en cuenta los beneficios que traerá, de forma directa o indirecta, tanto para los pobladores de la zona como para la actividad turística en general.

#### ***Impacto Global del Proyecto.***

Considerando, todo lo expuesto, se concluye que no se obtienen impactos negativos severos, siendo relevante la significación de los impactos positivos, sobre todo en el orden socioeconómico, y teniendo en cuenta además que a largo plazo este tramo del río se integrará de forma armónica con el medio, el **impacto global** de la ejecución de la obra se considera **positivo**.

#### ***Algunas de medidas que hay que tener en cuenta dentro del Plan de Medidas.***

1. Se recomienda efectuar un pronóstico del desplazamiento de una mancha de hidrocarburos para el área, como un paso previo para la preparación de un Plan de Contingencia Local ante derrame de hidrocarburos.
2. Se establecerá un control y vigilancia sobre el arribo de manchas de contaminantes en el sector costero entre Santa Fe y Rincón de Guanabo, durante el tiempo en que se desarrolle el proyecto.

Esta medida se implementará en coordinación con los órganos de la defensa civil de los municipios de posible incidencia, de la manera siguiente: Una vez detectada alguna anomalía se debe informar a la Refinería la cual llevará a un especialista que realizará un reconocimiento y tomará muestras para determinar si el origen de la contaminación proviene de la zona de vaciadero. En caso positivo se tomará medidas correctivas al proyecto encaminadas a alejar aún más la zona de vaciadero de la costa.

3. Monitoreo del proceso de vertimiento del material extraído.  
4. Cumplir con todas las normas estipuladas por Seguridad Marítima para la navegación en el tramo del río desde el Puente de 23 hasta la desembocadura.

5. Estudiar la creación de un Punto Náutico para embarcaciones turísticas en la rivera del Parque Metropolitano y establecer un sistema de cobro de peaje para las embarcaciones, con facilidades para las nacionales. Esto permitirá incrementar el impacto positivo en la fase de explotación.  
6. Cumplir con las exigencias de los convenios internacionales recogidos dentro del MARPOL en el punto de vertimiento.

7. Presentar al CICA un plan de reforestación de las márgenes del río para el tramo estudiado con el objetivo de ambientar el lugar.

8. Se recomienda realizar un Plan de Educación Ambiental para prever el impacto producido por el incremento de la presencia humana en la zona. Como parte del plan se realizarán un grupo de actividades que tendrán como objetivo el de sensibilizar a los participantes con el cuidado y protección del medio ambiente y prever los posibles impactos negativos que ocasiona a este la presencia humana.

9. No se deberá permitir la apertura de caminos adicionales a las establecidas en el proyecto.

10. Delimitar una zona de fondeadero para las embarcaciones, con el fin de evitar la remoción constante del fondo por las maniobras de fondeo.

11. El vertimiento del material en el vaciadero no debe realizarse con mar superior a fuerza 2.

12. Deben cumplirse todas las medidas estipuladas en Código de Conducta establecido.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. A.P.H.A. (1992): Standards Methods for the examination of water and waste waters. 18th American Public Health Association Washington DC USA : Cap. 55 - 30 c. (5 - 31, 5 - 33), Cap. 55 - 40 c (5 - 36, 5 - 38), Cap. 55 - 20b (5 - 25, 5 - 27).  
2. AUSTIN, B. y D. A. AUSTIN. (1987): Bacterial fish pathogens. Disease in farmed and wild fish: Ellis Horwood Limited, England 360 pp.  
3. Anuario Estadístico de Cuba (2002).  
4. BAUZA R.F (1995): Metodología para la Evaluación del Impacto Ambiental por vertidos al mar. Centro de estudios de Puertos y Costas. España.  
5. BELTRÁN J, F. RUIZ E., I. TORRES Y L. SABORIDO (2000): Contaminación por petróleo en la bahía de La Habana. Contribución a la educación y protección ambiental-VI. VI Taller de la Cátedra de medio Ambiente.  
6. BELTRÁN J., RUIZ FERNANDO Y MARTÍNEZ VÍCTOR. (1997): «Niveles de hidrocarburos del petróleo en ecosistemas marinos cubanos». INDOTECNIA Revista Científico Técnica INDOTEC, República Dominicana, Vol. 8 (1-3): 43-46.  
7. BELTRÁN J. y col (2001): Muestreo y caracterización del Río Luyanó. Contribución a la educación y protección ambiental-VI. VI Taller de la Cátedra de medio Ambiente.  
8. Brinden, K; Labunska, I; Stringer, R; Johnston, P. Santillo (2000):

Contaminantes orgánicos y metales pesados en vertidos y sedimentos del Riachuelo, Argentina, 2000. Labs. de Investigación de Greenpeace, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Exeter, Reino Unido. Nota Técnica: 10/ 00.  
9. BLAZQUEZ ECHANDI L. (1981): Algunos aspectos del régimen de temperatura en la plataforma noroccidental de Cuba y la región oceánica adyacente. Informe Científico- Técnico No. 171. Instituto de Oceanología. A.C.C. 28 pp.  
10. BORROTO GONZALEZ J., LEIVA ALARCON O. Y GONZALEZ METAUTEN I. (1995): Breve monografía hidrográfica, oceanográfica y geólogo - geomorfológica del tramo comprendido entre el Río Baracoa y el Río Boca de Jaruco. (Proyecto Ciclo de Aguas). Geocuba, E.M. 45 pp.  
11. CARIPOL (1980): «Manual for Petroleum Pollution Monitoring» Lab. (4301) Rinkenbaker Cousing. Miami FL. 33.  
12. CARIPOL (1985): «Manual para la determinación de hidrocarburos del petróleo en sedimentos y organismos marinos». Lab. 4670 Miami FL 35.  
13. CARIPOL (1987): "Proceeding od Symposium of the results of the CARIPOL Petroleum Monitoring Project". Caribbean Journal of science 23 (1), 1 - 14.  
14. Capote, R.P. y R. Berazaín (1984): Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. Rev. J. Bot. Nac. V (2): 27-75.  
15. (CNPTCA). Comisión Nacional Permanente del Tratado de Cooperación Amazónica (1998): Manual de Zonificación Ecológica-Económica para la Amazonia Peruana. Ministerio de Relaciones Exteriores. Convenio TCA-BID Programa de Apoyo a la Zonificación de la Amazonia. Lima. 153 pp.  
16. Cejas, F. (1991): Programa de base de datos para las colecciones de los herbarios cubanos. Ciencias Biológicas, 24:147-151.  
17. CITMA (1997): Ley de medio ambiente. Gaceta oficial de la República de Cuba. Edición extraordinaria, La Habana, AÑO XCV. Número 7. 47 pp.  
18. CONESA FDEZ - VITORA, V. (1995): Guía metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones Mundi - Prensa. 390 pp.  
19. Consejo de la Cuenca Almendares: Informe del estudio de la Cuenca Hidrográfica Almendares-Vento. [inédito]. 45 pp.  
20. Domínguez Catásus y cols, (2001): Determinación del modelo de calidad del agua del Río Almendares. ISCTN, La Habana, Cuba.  
21. Domínguez, J; Borroto, J; Pérez, E; Hernández, A. (1999): Estudio a escala de laboratorio de la remoción del 99M TCO4 de aguas del Río Almendares. ISCTN, La Habana, Cuba.  
22. Dallmeier, F. (ed.) (1992): Long-Term Monitoring of Biological Diversity in Tropical Forest Areas. Methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB DIGEST 11, UNESCO, 71 pp.  
23. Derrotero de las costas de Cuba, Región Marítima del Norte Tomo 1, ICH, La Habana. 1989.  
24. DUBANIN A.I. (1960): Las Mareas en el Mar. Ediciones Hidrometeorológicas, Leningrado, URSS.  
25. Egorov N. I. (1974): Oceanografía Física. Ed. Hidrometeoizdat. Leningrado. 434 pp. (en ruso).  
26. Esquivel Martín, J.L et al. (1997): Programa de actuación para el establecimiento de un Banco de datos de Biodiversidad de las Islas Canarias. Versión 1.1. Manual editado por la Viceconsejería de Medio Ambiente y el Centro de Planificación Ambiental de Tenerife. Islas Canarias. 52 pp.  
27. Fernández Vila L. et al. (1997): Características oceanográficas y calidad de las aguas del litoral de Jibacoa, costa Norte de la provincia La Habana. GECUBA. Estudios Marinos.  
28. Fernández Vila, L.J Y Chirino Nuñez, A.L (1993): Atlas oceanográfico de las aguas de archipiélago sabana - Camagüey. ICH, La Habana, 1-235.  
29. F. Montalvo; Cano, Mercedes y cols (2001): Nutrientes en la zona litoral entre los Ríos Quibú y Jaimanitas. Vol. 2, VII Taller de la Cátedra de Medio Ambiente. C. habana, Cuba.  
30. FAO (1975): Manual of methods in aquatic environment research. Part I. Methods for detection, measurement and monitoring of water pollution. (137): 238 p.  
31. Fernández Pérez M., Saborit Izaguirre I., Marrero Báez Y. "Manual de Diagnóstico Ambiental. Experiencias de Acción Participativa en el Parque Metropolitano de la Habana". Cuba año 2001.  
32. Françoise Wautiez, Bernardo Reyes "Indicadores Locales para la Sustentabilidad". Instituto de Ecología Política. (La Habana 2001).  
33. Fundación para la Ecología y la Protección del Medio Ambiente

- (1996): Amazonas. Un plan de acción científica en el mayor ecosistema del planeta. sp.
34. Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre et al. (1998): La Cuenca del Río Almendares. Edic. Diputación de Sevilla.
35. Grupo para el Desarrollo Integral de la Capital. Asamblea Provincial del Poder Popular de Ciudad de la Habana. "Barrios Testigos de su Propia Historia".
36. GEF (2000): Operational Program # 12 Integrated Ecosystem Management. 8pp.
37. GEOCUBA (1999): Tablas de Marea de las Costas de Cuba. Servicio Hidrográfico y Geodésico de la República de Cuba. P5101. La Habana.
38. IAEA (1990): «Chlorinated hydrocarbons in water and sediments.» Reference Methods for Marine Pollution Studies". No. 17: 36 p.
39. González H. y Brugmann L.(1989): Heavy metals in sediments of Matanzas Bay, Cuba. Chemistry and Ecology. Vol 4, pp 37-46.
40. ISO 5813 – 1983 (E): "Water Quality – Determination of Dissolved Oxygen - Iodometric. Method". 5 p.
41. López F, W Señor (2003): Fraccionamiento de Fe, Cd, Cr y Pb en los sedimentos superficiales de la Laguna Piritá Venezuela. En Marcaba 2003 CDR.
42. MANCEBO H., MARTIN A., BELTRÁN J., RUIZ F. Y BORGES M. (1998): "Estudio de la calidad de las aguas y mortalidad bacteriana en la zona litoral del Reparto Flores, Ciudad de La Habana". 13 p.
43. Martínez Canals; Pérez, R. (2000): Línea base de Metales en Sedimentos marinos de Moa. Instituto de Oceanología, Cuba.
44. MARTIN PARAMO A. (1999): Contaminación por materia orgánica en las aguas de la Bahía de La Habana. Tesis de Maestría. CIMAB.
45. MARTÍNEZ CANALS M., R. PÉREZ D., A. RODRÍGUEZ V. (1998): Nivel de contaminación metálica de los sedimentos del fondo de algunas zonas de la plataforma insular de Cuba. En Contribución a la educación y protección ambiental. ISSN 959-02-0213-6.
46. Martínez Canals; Perigó, Eusebio; Pérez Díaz, Ramón (1999): evaluación del impacto por metales pesados en el ecosistema marino al sur de las provincias de Matanzas y de la Habana, Cuba. Instituto de Oceanología, Cuba.
47. MATEO RUIZ, A., BUCETA MILLER, J. L., SIERRA ANTIÑOLO, J. LLORET CAPOTE, A. M. (1994): Calidad del medio litoral. En: Seminario Hispano - Cubano sobre gestión y Actuaciones en la Costa. La Habana, 18 al 22 de Julio de 1994.
48. MORALES ABREU A., RONDON LLERO H., LOPEZ GARCIA D. (1995) Estudios de las causas que originan las penetraciones del mar en el Malecón Habanero y principales características hidroquímicas y dinámicas de las aguas del litoral. Archivo Técnico de GEOCUBA Estudios Marinos. Pta. Santa Catalina. Regla. C. de La Habana.
49. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente Agencia de Medio Ambiente Instituto de Geofísica y Astronomía. "Informe de Evaluación Medioambiental del Municipio Playa". (Ciudad de la Habana 2001)
50. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente Agencia de Medio Ambiente Instituto de Geofísica y Astronomía "Informe de Evaluación Medioambiental del Municipio Plaza de la Revolución". (Ciudad de la Habana 2003).
51. Norma cubana 22:(1999): Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios.
52. Norma cubana 27 (1999): Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillados. Especificaciones.
53. Norma cubana 25:(1999): Especificaciones y procedimiento para la evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero.
54. Norma cubana 93- 11 (1986): Fuentes de abastecimiento de aguas. Calidad y protección sanitaria.
55. Núñez Jiménez A. (2000): "SOS Río Almendares".
56. Priego, A. G. et al. (1989): Evaluación del impacto ecológico-paisajístico provocado por el manejo forestal en áreas de la EFI "Costa Sur" P. Del Río. Proyecto Fao. TCP/CUB 8851 Manejo integrado de ecosistemas de manglares FAO/ MINAG La Habana. 19 pp.
57. Perdomo Castillo J. (1999): Resultado de las investigaciones Geólogo-Geofísicas para el dragado de un sector del Río Almendares desde la Boca de la Chorrera hasta el Puente de Piedra. Archivo de Geocuba Estudios Marinos.
58. Pérez, Esperanza; Domínguez, J; Borroto, J; Ortueta, M. (1999): Especiación sólida de trazas de metales en sedimentos del Río Almendares. ISCTN, La Habana, Cuba.
59. Pérez Zaballa, M.; García Fernández, J.M, (1982): Reporte preliminar. Estudio de la cuenca del Río Luyanó. III Simposium contaminación Marina, La Habana. Proyecto PNUD- PNUMA- UNESCO. Instituto de Investigaciones del Transporte, Cuba.
60. Pérez Zaballa, M.; García Fernández, J.M, (1982): Reporte preliminar. Estudio de la cuenca del Río Luyanó. III Simposium contaminación Marina, La Habana. Proyecto PNUD- PNUMA- UNESCO. Instituto de Investigaciones del Transporte, Cuba.
61. López G. D, Gómez Valladares V. Et Al (1994): Monitoreo a la Bahía de La Habana. Geocuba. Investigación y Consultoría.
62. Lluís - Riera M (1983): Régimen hidrológico de la plataforma insular de Cuba. En Ciencia. Tierra. Espacio. 7: 81-110.
63. Resumen Climático de Cuba. Insmet. Editorial Academia. 1991.
64. Rzhonsnitskii, V. B. (1979): Movimientos de Marea. Ed. Hidrometeoizdat. Leningrado. 243 pp. (en ruso).
65. RODRIGUEZ PORTAL J. P. y RODRIGUEZ RAMIREZ J. E. (1983): Las mareas en las costas cubanas. Acad. Cien. Cuba, Rep. Invest. Oceanol., 6 : 1 - 37.
66. Solar F., Martín P. A y col (2003): Calidad del agua del río Martí Pérez. En Marcaba 2003. Congreso de Ciencias del mar.
67. Sánchez, J. R. (1998): Estudio preliminar de las poblaciones de peces encontradas recientemente en aguas del río Almendares. Programa y Resumen, II Simp. Inter. Ecol., II Simp. Latinoamer. Micorizas, 97pp.
68. Secretaria del Convenio sobre Diversidad Biológica (2000): Sosteniendo la vida en la tierra. PNUMA. 20 pp.
69. Sheehan, P.J. (1984): Efectos de los contaminantes en los ecosistemas. Cap.5. ALCANCE. Publicado Por John Wiley & Hijos S.A. 23 pp.
70. Stein, A. B. (1993): The Natural Heritage Network. An Overview. The Nature Conservancy. July 17, 1993. /sp/.
71. Smirnov. G. N. (1987): Oceanología. Ed. Vishaia Shkola. Moscú. 402 pp. (en ruso).
72. Sneyers R., 1990: "On the statistical analysis of series of observations", Techn. Note 143, World Meteorological Organization, Geneva, 192 p.
73. Sosa M., 1994: "Climatología y pronóstico de las ondas tropicales en Cuba", Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Geográficas, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Instituto de Meteorología, Ciudad de La Habana, Cuba, 205 p.
74. The Nature Conservancy (1992): An overview of the Biological and Conservation Data (BCD) System.- Science Division of the Nature Conservancy, Washington D.C. 20 pp.
75. UNEP (1992): Standard Chemical Methods for Marine Environmental Monitoring. Dec. 1992, 50 pp.
76. UNEP, (1993): United Nations Environmental Protection. Report of the second CEPROL Seminar on Monitoring and Control of Sanitary Quality of Bathing and Shellfish- Growing Marine Water in the Wider Caribbean. Kingston. Jamaica. August 1993: 9- 13.
77. UNESCO (1982): Manual for monitoring oil and dissolved / dispersed petroleum hydrocarbons in marine waters and on beaches. Procedures for the petroleum component of the IOC. Marine Pollution. Monitoring System (MarpoMon-P).
78. US Environmental Protection Agency (USEPA), (1986): Ambient water quality criteria for bacteria EPA 440/ 5- 84- 002.
79. Vilamajó Alberdi, Daisy y Margarita Lauzán Coto. La Diversidad vegetal en el entorno del Río Almendares. Acta Botánica Cubana (La Habana) (123):1-11, 1998. DIVERSIDAD VEGETAL/RÍO ALMENDARES/CIUDAD DE LA HABANA/CUBA LOC: CT-2819
80. Vales, M., A Alvarez.; L Montes. y A. Avila Comps. (1998): Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica de la República Cuba. Ed. CESYTA. Madrid. 464 pp.
81. Vilamajó D., Vales M.A., Capote R.P., Salabarría D., Menéndez J.M. 2002. Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica y Plan de Acción en la República de Cuba. Ed. Academia. Cuba. 88 pp.
82. World Health Organization (WHO), (2000): Monitoring Bathing Waters. A practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programs (CEC- EPA- WHO), 350pp.
83. WCMC (1996): Biodiversity databases.- World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. 40 pp.

# PRAGMATICA ASTRONOMICA DEL REY FELIPE II

Mario Ruiz Morales - Centro Nacional de Información Geográfica & Universidad de Granada

La celebración del Año Internacional de la Astronomía, conmemorando el cuatrocientos aniversario de las primeras observaciones telescópicas de Galileo (*Planeti Medicei*, 1609), invita a reivindicar el indudable protagonismo de la astronomía española en diferentes periodos históricos. Esa es la intención de este artículo, centrado en el interés que tenía el rey Felipe II por una ciencia tan sublime. Durante su reinado tuvo lugar un suceso crucial para el correcto cómputo del tiempo, que está estrechamente relacionado con la Astronomía y tuvo una evidente repercusión social. El singular acontecimiento no fue otro que la reforma del calendario<sup>1</sup> juliano, llamado así en honor de su principal impulsor: el emperador Julio Cesar.

Tan novedoso sistema fue ideado por el médico y astrónomo napolitano Luigi Lilio (1510-1576), aunque los cálculos necesarios para llevarlo a la práctica fueron realizados por el jesuita alemán Christopher Clavius (1538-1612); el cual los incluyó en su conocida obra *Romani calendari a Gregorio XIII P.M. restituti explicatio*, publicada en Roma en el año 1603. Ambos personajes fueron miembros de la Comisión creada a tal efecto por el papa Gregorio XIII (1502-1585), siendo generalmente presidida por el cardenal G. Sirleto. A ella pertenecieron también los españoles<sup>2</sup> Juan Ginés de Sepúlveda y Juan Salom, aunque es mucho más destacable la señalada participación del matemático toledano Pedro Chacón (1526-1581), que llegó a presidir la citada Comisión, si bien falleció el año antes de que se culminara la reforma.

Como es sabido, el objetivo fundamental de ese nuevo calendario, más tarde denominado gregoriano, era fijar astronómicamente la fecha de la Pascua, y por tanto las demás fiestas movibles del año litúrgico, a la vez que se suprimía definitivamente el sistemático desfase que se venía produciendo desde que se adoptó formalmente el calen-

dario juliano en el Concilio de Nicea<sup>3</sup>. El origen del problema provenía del hecho de asignar al año trópico<sup>4</sup> una duración de 365. 25 días (cada cuatro años se consideraban tres de 365 días y otro de 366 días), cuando realmente es un poco menor: alrededor de 365.24219 días medios<sup>5</sup>.

1 La palabra calendario tiene su origen en el primer día de cada mes, denominado calendas en la época romana.

2 La obra de Angel Fernández Collado (UCLM): *Juanelo Turriano y la aportación española a la reforma del calendario gregoriano*, aporta numerosas pruebas documentales que dan cuenta de la participación de la corona y de diferentes universidades. Felipe II le encargó a Juanelo que hiciese una propuesta de modificación del calendario juliano, propuesta que no fue aceptada. La misma fue incluida en su obra: *Breve Discurso a su Majestad el Rey Católico en torno a la reducción del año y reforma del calendario, con la explicación de los instrumentos inventados para enseñar su uso en la practica*

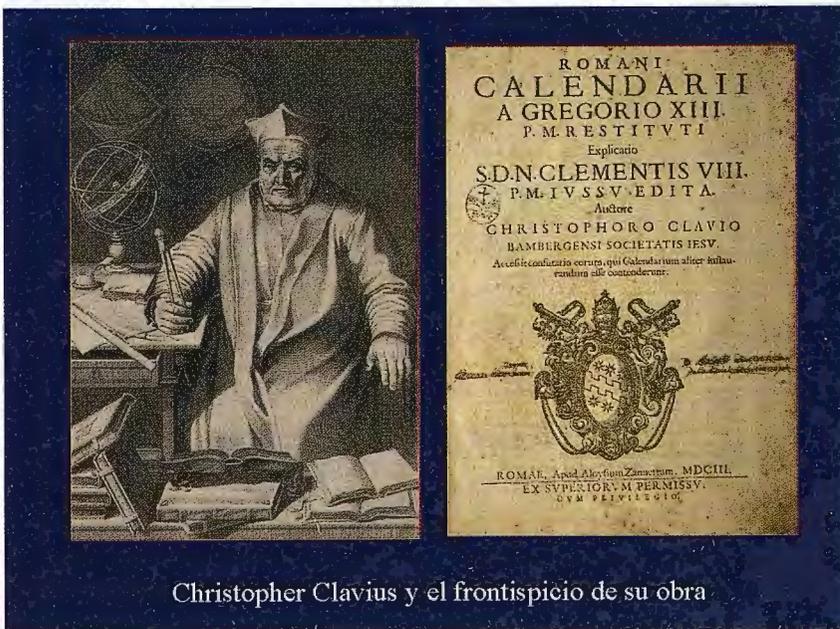
3 Convocado en el año 325 por el emperador Constantino el Grande.

4 El año trópico es el periodo de tiempo transcurrido entre dos inicios consecutivos de la primavera.

5 El día medio es el periodo del movimiento diurno y circular de un sol imaginario localizado en el ecuador, dicho movimiento relativo es inducido por el de rotación de la Tierra en torno a su eje.



La solución adoptada fue tan simple como brillante. Se suprimieron tres años bisiestos cada 400 años y se adelantó la fecha en diez días, concretamente el jueves 4 de octubre de 1582 fue seguido por el viernes 15 de idéntico mes y año. Así quedó establecido en la bula correspondiente (*Inter gravissimas*) el día 24 de febrero de 1582. La elección del mes de octubre no fue casual, pues comprendía pocas fiestas eclesíásticas movibles y contaba con el menor número de fijas. Sin embargo, la identificación de los nuevos años bisiestos no era nada evidente. En el nuevo calendario serían bisiestos los años divisibles por cuatro excepto cuando lo sean también por 100, a no ser que sean divisibles por 400. Según esa regla el año 1900 no fue bisiesto pero el año 2000 sí lo fue, como también lo será el 2100. Con ese criterio, además de los años comunes de 365 días, se han de contemplar también los años bisiestos, con un día de más, que se coloca antes



Christopher Clavius y el frontispicio de su obra

del mes de marzo y se le denomina 29 de febrero. Se crea en este nuevo calendario un ciclo de 146097 días (20871 semanas) que se repite exactamente cada 400 años. Así la duración media de un año resulta ser de 365.24250 días excediendo al año trópico en solo 26 segundos.



Los títulos del rey Felipe II en su pragmática astronómica. En la parte inferior figura su escudo de armas.

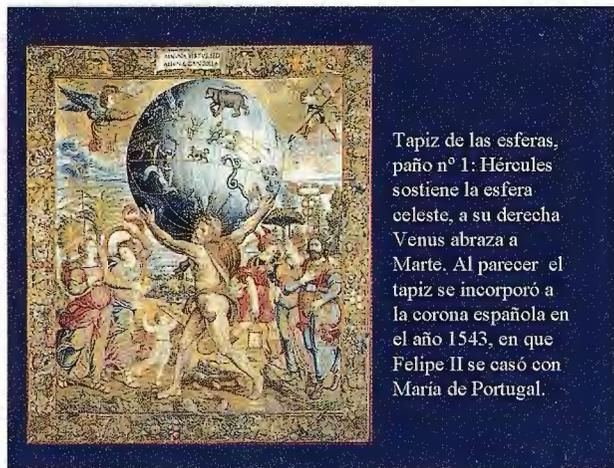
La aceptación del cómputo moderno del tiempo no fue universal, aunque inmediatamente se adoptase en España, Italia, en la parte católica de los Países Bajos y en Portugal: transformándose el fallido 5 de octubre en el día 15 de octubre de 1582. Francia lo hizo en diciembre de 1582, siguiéndola la Alemania católica al año siguiente. Los países protestantes se opusieron durante más de un siglo al calendario "papista", decidiendo su adopción en el año 1700. Inglaterra esperó hasta 1750, declarándolo legal el día 2 de septiembre de 1752, que fue seguido por el 14 del mismo mes (se aprovechó además la ocasión para que el año comenzara el 1 de Enero en lugar del 25 de Marzo). Finalmente la iglesia ortodoxa no lo aceptó hasta el año 1923, en que se instauró en la antigua Unión de Repúblicas Soviéticas<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Ello no impidió que el culto litúrgico de esos cristianos se siguiera rigiendo por el calendario juliano.

Evidentemente no se hubiera producido tan rápida implantación sin el beneplácito y valiosa colaboración del rey Felipe II, quien había estado al tanto de todo el proceso de la reforma; de hecho hubo intercambio epistolar entre él y el papado sobre ese particular. La implantación del nuevo calendario le sorprendió en Lisboa, promulgando allí mismo un decreto al efecto (29.9.1582), señalando que en todos sus reinos "el quinto día del mes de octubre pasara a ser decimoquinto", siguiendo así lo dispuesto en la bula papal. No obstante, era plenamente consciente de la dificultad que ello entrañaba, a tenor de sus propias palabras: *bien creo que habrá dudas en esto del año, más ellas se irán entendiendo*.

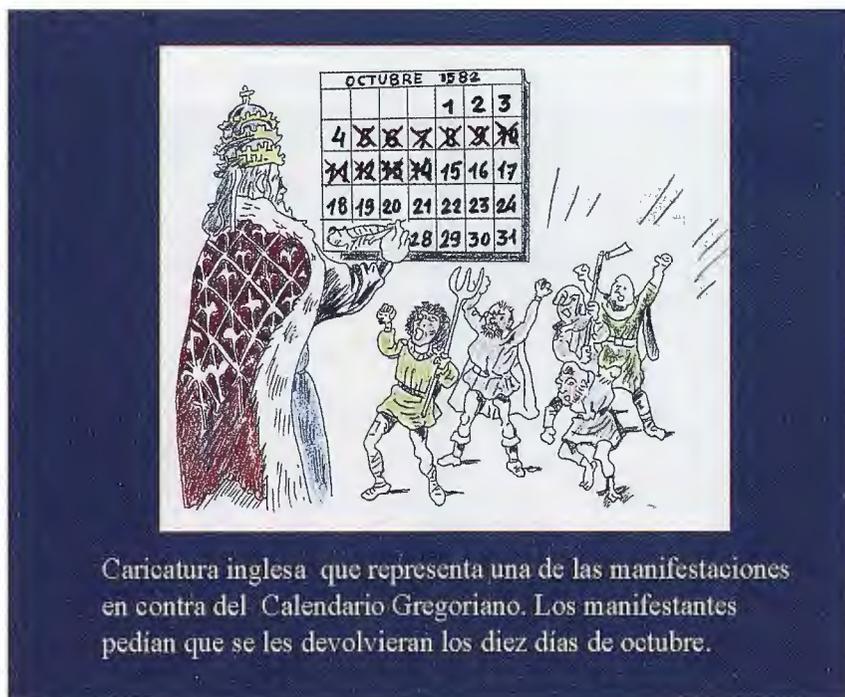
En cualquier caso, la efectividad del nuevo calendario en el imperio español se demoró un tanto por su especial localización geográfica, con vas-

tos territorios de ultramar sumamente alejados entre sí y de la metrópoli; de modo que la difusión del mismo no pudo ser simultánea ni tampoco homogénea. El rey, conecedor de la situación, decidió que la reforma debería posponerse en el nuevo mundo, pensando primero en el año 1583 y después en el 1584. Así se desprende, al menos, del documento que firmó en Aranjuez (14.05. 1583), con un título muy elocuente: *Pragmática sobre los diez días del año*, con evidente referencia a los días de octubre ya comentados. El escrito del Felipe II es un legado científico relevante que demuestra su interés por la ciencia astronómica y reivindica, aunque sea indirectamente, el papel esencial jugado por España en la modificación del calendario juliano. El lector interesado puede consultar tan interesante orden al final de este artículo.



Tapiz de las esferas, paño nº 1: Hércules sostiene la esfera celeste, a su derecha Venus abraza a Marte. Al parecer el tapiz se incorporó a la corona española en el año 1543, en que Felipe II se casó con María de Portugal.

En la pragmática se concreta con detalle la fecha y el modo en que debería entrar en vigor por aquellas latitudes: *... ordenamos, y mandamos, que del mes de octubre de este año de ochenta y tres, se quiten diez días, contando quince de Octubre, cuando se habían de contar cinco, y así venga a tener, y tenga Octubre en este presente año, veinte y un días, y no más...* No obstante, en el penúltimo párrafo del escrito real se comprende la imposibilidad de que se



Caricatura inglesa que representa una de las manifestaciones en contra del Calendario Gregoriano. Los manifestantes pedían que se les devolvieran los diez días de octubre.

pueda cumplir la propuesta anterior, en todos los territorios del imperio. Estas fueron las palabras de Felipe II: *Y porque en algunas partes de las dichas nuestras Indias, por estar tan distantes, no podrá tener noticia de lo susodicho, que su Santidad ha ordenado, y en esta Ley se contiene, para poder hacer la disminución de diez días en el mes de octubre de este presente año, ordeno, y mando, que se haga en el año siguiente de ochenta y cuatro, o en el primero, que de lo dicho tuviere noticia, y esta Ley en los dichos Reinos fuese publicada, según su santidad lo provee, y ordena...*

La pragmática iba dirigida a las autoridades de todas las ciudades, villas, y lugares, de las Indias, Islas y Tierra firme, del mar océano, que ahora son, como a los que en adelante fueren, y a cada uno, y cualquiera de vos. El rey explicaba en su escrito la necesidad del cambio indicado por el papa: *... en razón de que las Pascuas, y otras fiestas se celebrasen a sus debidos tiempos, ordenó un Calendario eclesiástico, en el cual para enmendar, y reformar el yerro, que se había ido causando en la cuenta del curso del Sol, y de la Luna, se mandaron quitar diez días del mes de octubre del año pasado de ochenta y dos (como se hizo) contando quince de octubre, cuando se había de contar cinco...*

Con la intención de que el contenido de la pragmática fuera convenientemente difundido, agregaba el rey: *Y porque lo susodicho venga a noticias de todos, y ninguno pueda pretender ignorancia, mandamos, que esta nuestra carta sea pregonada públicamente en las ciudades donde residen nuestras Audiencias, y Chancillerías Reales de las dichas nuestras Indias, y se repartan las copias impresas de ella por las demás partes...*

La pragmática fue remitida al virrey Martín Enríquez de Almansa<sup>7</sup>, junto a una carta del rey que también se reproduce junto a la pragmática. La carta es especialmente interesante, pues acredita la participación de Felipe II en las deliberaciones del futuro calendario gregoriano: *...Habiendo la Santidad de nuestro muy santo padre Gregorio tercio décimo, con madura deliberación, y comunicación mía, y de algunos de los Príncipes cristianos, y con acuerdo y participación de todo el sacro Colegio de los Cardenales reformado el Calendario para reducir la Pascua de Resurrección, y las otras fiestas movibles...*

<sup>7</sup> La carta fue firmada dos meses después de que el virrey hubiese fallecido en Lima (13.03.1583).

<sup>8</sup> Nombre que Francisco Pizarro dio a Lima, cuando la fundó el 18 de enero de 1535.

La instrucción astronómica de Felipe II fue efectivamente pregonada en la plaza pública de la Ciudad de los Reyes<sup>8</sup> "por voz de Bartolomé Rodríguez, pregonero público, el 26 de junio de 1584", según dio fe Juan Gutiérrez de Molina. Este notario había indicado antes que la pragmática había llegado a aquella ciudad el día 19 de abril de 1584: *...en pliego de España, que vino en las galeras a tierra firme, y fue vista, y obedecida por los Señores Presidente, y Oidores de esta Real Audiencia.* Finalmente la pragmática y la referida carta de remisión fueron impresas<sup>9</sup>, el 14 de junio de 1584, por Antonio Ricardo, un tipógrafo italiano que colaboró activamente con los jesuitas, para que estos fundaran la primera imprenta de Sudamérica.

No quiero terminar estos breves apuntes sin referir tres curiosidades, que solo se pueden explicar a la luz del ca-

lendario gregoriano, y que no son muy conocidas fuera del círculo selecto de los especialistas<sup>10</sup>. Santa Teresa de Jesús falleció el 4 de octubre de 1582 y fue enterrada al día siguiente, es decir el día 15 de ese mismo mes; de manera que los que trataron de explicar, en el pasado, por qué estuvo insepulta diez días, probaron con su osadía que ignoraban la reforma que se ha venido comentando. El segundo ejemplo se refiere a Cervantes y a Shakespeare, dos personajes insignes que murieron en la misma fecha (23.04.1616), pero en diferente día. Recuérdese que en Inglaterra aún estaba vigente el calendario juliano, de modo que Cervantes falleció 11 días antes que su homólogo inglés. La última anécdota se refiere a la célebre revolución rusa, que tuvo lugar el 25 de octubre del año 1917, de acuerdo con el antiguo calendario juliano. Quiere decir que en Occidente se debería haber conocido como la revolución de noviembre, una denominación más rigurosa que sería acorde con el calendario en vigor.

<sup>9</sup> Los dos documentos, junto a las anotaciones de los receptores de ambos, se custodian en la Brown University (Providence, Rhode Island).

<sup>10</sup> De ellas dio cumplida cuenta José María de Francisco Olmos: *La misma fecha, pero no el mismo día. La cronología como instrumento documental.* U. C. 1997.

## PRAGMATICA SOBRE LOS DIEZ DÍAS DEL AÑO

Don Felipe por la gracia de Dios, Rey de Castilla, de León, de Aragón, de las dos Sicilias, de Jerusalén, de Portugal, de Navarra, de Granada, de Toledo, de Valencia, de Galicia, de Mallorca, de Sevilla, de Cerdeña, de Córdoba, de Córcega, de Murcia, de Jaén, de los Algarbes, de Algeciras, de Gibraltar, de las Islas de Canarias, de las Indias Orientales, y Occidentales, Islas y Tierra firme del mar Océano, Archiduque de Austria, Duque de Borgoña, de Bravate, y Milán, Conde de Ausburgo, de Flandes, Tirol, y de Barcelona, Señor de Vizcaya, y de Molina, &c.

Al Serenísimo Príncipe Don Felipe, mi muy caro, y muy amado hijo, y a los Infantes, Prelados, Duques, Marqueses, Condes, ricos hombres, Maestros de las Ordenes, Priores, Comendadores, y Subcomendadores, Alcaldes de los Castillos, y Casas fuertes, y llanas, y a los de nuestro Consejo, Virreyes, Presidentes, y Oidores de nuestras Audiencias Reales, Alcaldes, Gobernadores, Veinticuatro, Caballeros, Escuderos, Oficiales, y Hombres buenos, de todas las ciudades, villas, y lugares, de nuestras Indias, Islas, y Tierra firme, del mar océano, tanto a los que ahora son, como a los que más adelante fueren, y a cada uno, y cualquiera de vos. Sabed, que nuestro muy santo Padre Gregorio XIII conformándose con la costumbre, y tradición de la Iglesia católica, y con lo dispuesto por el Sacro Concilio Niceno, y con lo que últimamente se dedicó en el Santo Concilio de Trento, en razón de que las Pascuas, y otras fiestas se celebrasen a sus debidos tiempos, ordenó un Calendario eclesiástico, en el cual para enmendar, y reformar el yerro, que se había ido causando en la cuenta del curso del Sol, y de la Luna, se mandaron quitar diez días del mes de octubre del año pasado de ochenta y dos (como se hizo) contando quince de octubre, cuando se había de contar cinco, y de ahí en adelante, consecutivamente hasta los treinta y uno, y que todos los otros meses del dicho año, y de los demás corriesen por la cuenta que hasta ahora. Con lo cual, y cierta declaración, que su San-

tividad hace, quedó el dicho año, y quedan los venideros reformados: de suerte que las dichas Pascuas, y fiestas se vendrán a celebrar perpetuamente, en los tiempos que deben, y que los Padres santos antiguos, y que el santo concilio Niceno determinaron, según que en el dicho Calendario, y breve, que mando despachar se Santidad largamente se contiene. Y queriéndome yo conformar en todo (como es razón) con lo que su Beatitud hizo con tanto cuidado, y deliberación ordenado, he mandado escribir a los arzobispos, y Obispos, y Prelados de esas partes, que hagan publicar el dicho Calendario, y guardarle en todo, según, y por la forma, que en él se contiene este presente año de M. D. LXXXIII. Y por qué si esta cuenta se volviese a guardar para solo celebrar las fiestas de la Iglesia, podría causar confusión, y otras dudas, en daño de mis súbditos, y vasallos. Y para que ello cese, queriendo proveer en ello de remedio practicado en el mi Consejo, y conmigo consultado. Fue acordado, que debíamos ordenar, y mandar, como por la presente (que queremos, haya fuerza, y vigor de ley, y Pragmática, Sanción, como si fuera hecha y promulgada en Cortes) ordenamos, y mandamos, que del mes de octubre de este año de ochenta y tres, se quiten diez días, contando quince de Octubre, cuando se habían de contar cinco, y así venga a tener, y tenga Octubre en este presente año, veinte y un días, y no más, y para los demás años venideros, se le den y cuenten treinta y un días, como hasta aquí, y todos los demás meses de este año, y los de adelante, corran por la cuenta, y orden, que hasta hora, con la dicha declaración, que su Santidad añade. Y mando a todas mis justicias de las dichas Indias, e Islas, y Escribanos, y otras cualesquiera personas, a quien lo aquí contenido, toca, y tañe, o pueda pertenecer, que así lo guarden y cumplan ineludiblemente, y en todas las cartas, y provisiones, contratos, obligaciones, autos judiciales, y extrajudiciales, y cualesquiera otras escrituras, que se hicieren, pongan el día de la fecha, conforme a la dicha computación, de manera, que pasado el cuarto día de Octubre de este año, el día siguiente, que se habría de contar cinco días, se diga, y cuente quince, y el siguiente dieciséis, y consecutivamente hasta los treinta y uno, continuando los días, meses, y años, de ahí en adelante como antes solían sin otra novedad, ni alteración alguna, en la forma, que su Santidad lo ordena.

**Y PORQUE** el contar diez días menos en este mes de Octubre próximo, que viene, no cause algún daño, duda, o inconveniente, ordenamos, y mandamos, que en todas las plazas, y términos judiciales (que antes de la publicación del dicho Calendario se hubiere dado) se añadan los dichos diez días más. Y así mismo, en el pago de rentas, y de cualquier otra deuda, de que no se pueda desfaltar prorrate, lo que montaran los dichos diez días. Porque pudiéndose desfaltar, queremos, que se haga, para que desde principio del año que viene en adelante, anden todas las cuentas justas con los años, sin que sea necesario añadir los dichos diez días.

**OTROSÍ** mandamos, que se rebatan, y bajen de los sueldos, y salarios del dicho mes de octubre, los diez días, que se han de contar menos, pues no sirviéndolos, ni habiéndolos, no se deben, ni es justo se paguen. Y que

sobre todo, se tenga atención, a que de este nuevo Calendario, y Ley, no redunde fraude ni perjuicio a nadie. Porque la intención de su Santidad, y nuestra, no ha sido tal, sino solamente de entender, y corregir el error y engaño, que había en el verdadero Cómputo del año, como está referido.

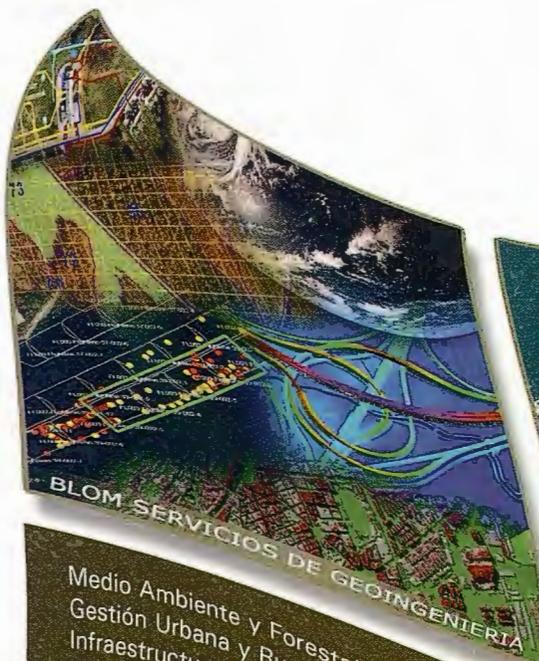
**Y PORQUE** en algunas partes de las dichas nuestras Indias, por estar tan distantes, no podrá tener noticia de lo susodicho, que su Santidad ha ordenado, y en esta Ley se contiene, para poder hacer la disminución de diez días en el mes de octubre de este presente año, ordeno, y mando, que se haga en el año siguiente de ochenta y cuatro, o en el primero, que de lo dicho tuviere noticia, y esta Ley en los dichos Reinos fuese publicada, según su santidad lo provee, y ordena. Lo cual mandamos guardéis, y cumpláis, y ejecutéis, y hagáis guardar, cumplir, y ejecutar, así y según de suso se contiene y declara, y contra el tenor y forma de ello, no vayáis, ni paséis, ni consintáis, y ni pasar, ahora, ni en tiempo alguno, ni por alguna manera.

**Y PORQUE** lo susodicho venga a noticias de todos, y ninguno pueda pretender ignorancia, mandamos, que esta nuestra carta sea pregonada públicamente en las ciudades donde residen nuestras Audiencias, y Chancillerías Reales de las dichas nuestras Indias, y se repartan las copias impresas de ella por las demás partes, de manera que en todas se entienda y sepa, lo que su Santidad ha ordenado, y es nuestra voluntad, que se guarde, y los unos, ni los otros, no hagáis cosa en contrario, sopena de la nuestra merced, y de mil pesos de plata ensayada para la nuestra cámara. Dada en Aranjuez, a catorce de mayo, del año mil quinientos ochenta y tres.

**DON MARTIN** Enríquez, nuestro Virrey, Gobernador, y Capitán general de las provincias del Perú, y en vuestra ausencia, a la persona, o personas a cuyo cargo fuese el gobierno de esa tierra. Habiendo la Santidad de nuestro muy santo padre Gregorio tercio décimo, con madura deliberación, y comunicación mía, y de algunos de los Príncipes cristianos, y con acuerdo y participación de todo el sacro Colegio de los Cardenales reformado el Calendario para reducir la Pascua de Resurrección, y las otras fiestas movibles, al justo y verdadero punto de su primera, y antigua institución, como lo veréis por el dicho Calendario, que con esta os mandamos enviar, nos ha parecido ordenaros (como lo hacemos) proveáis, y deis la orden conveniente, y necesaria, para que el dicho Calendario se ejecute, y cumpla en esos Reinos, y en las Audiencias de Quito, los Charcas, y Tierra firme, y en todas las provincias, y partes de sus jurisdicciones, y en sus Iglesias, puntual e ineludiblemente como en él se contiene, y se declara en la Pragmática, que sobre ello se ha hecho: y asimismo se os envía con esta, la cual haréis imprimir en esa Ciudad, y las copias de ella repartiréis, para que se entiendan por todos esos Reinos y provincias, por ser lo que conviene a la buena orden, unión, y conformidad, que es justo que haya entre la santa Sede Apostólica, y los Príncipes cristianos unidos, y obedientes a ella en las cosas, que son conformes al servicio de nuestro Señor, y buen gobierno de su universal Iglesia. De Aranjuez, a Catorce de mayo del año M. D. LXXXIII.



**BLOM**  
IMAGING THE WORLD



BLOM SERVICIOS DE GEOTINGENIERIA

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



BLOM SERVICIOS DE INFORMACION

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

# Transporte NTRIP de transformaciones geodésicas y ondulaciones del geoide a través de mensajes RTCM 3.1 en redes GNSS locales y regionales

Capilla R.<sup>1,2</sup>, Martín A.<sup>1</sup>, Anquela A. B.<sup>1</sup>, Zaragoza M.<sup>2</sup>, Berné J.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Cartográfica, U.P. Valencia

<sup>2</sup>Instituto Cartográfico Valenciano

## Abstract

One of the last upgrades in *RTCM* 3.1 messages definitions contains the data fields for geodetic transformation transport and real time computation in GNSS positioning of orthometric heights by received geoid undulations via internet protocol. These parameters can be generated dynamically by a *GNSS* data center, encapsulated in *RTCM* messages and broadcasted to the rover location so the same frames transformations and geoid models are available to every user in the field, who can choose a *stream* with the geoid undulation as an additional service. This paper summarizes the functionality of the *RTCM* 3.1 transformation messages, describes the implementation in a control center and analysis in *NTRIP* transport, (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*), of several types of geodetic transformations and provides ideas for solving specific implementation problems. Test field campaigns are used to describe the real performance of these new *RTCM* 3.1 messages.

## Resumen

Una de las últimas actualizaciones en la definición del formato estándar *RTCM* 3.1, contiene espacio reservado para transporte de transformaciones geodésicas y cálculo en posicionamiento GNSS en tiempo real de alturas ortométricas a través de ondulaciones de geoide recibidas vía Internet. Estos parámetros pueden ser generados dinámicamente por un centro de datos *GNSS*, encapsulados en los mensajes *RTCM* y transmitidos en tiempo real a una ubicación móvil proporcionando unicidad en transformaciones de marcos y modelos del geoide para cada usuario de campo, el cual podrá elegir un *stream* que le transporte la ondulación del geoide como un servicio más. Este documento resume el funcionamiento de los mensajes de transformación *RTCM* 3.1, describiendo la implementación en un centro de control *GNSS*, y los análisis efectuados para transporte vía *NTRIP*, (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*), de diversos tipos de transformaciones geodésicas proporcionando ideas para posibles problemas específicos en su implementación. Las pruebas de campo han servido para contrastar su rendimiento en tiempo real y utilidad.

## Palabras clave:

*GNSS*, *ITRF*, *CRS*, *SGR*, *DATUM*, *RTCM*, *RTK*.

## ANTECEDENTES

Actualmente la tecnología *GNSS* proporciona coordenadas de alta precisión en tiempo real, debido, principalmente, a los avances e investigación en las técnicas de resolución de ambigüedades y modelado de fuentes de error. No obstante, los usuarios de las redes *GNSS* para

posicionamiento en tiempo real, a veces necesitan obtener sus coordenadas en el sistema de referencia horizontal local con altitudes ortométricas, introduciendo previamente las transformaciones y modelos del geoide en las controladoras de campo. Como la transformación entre Sistemas Geodésicos de Referencia (SGR) no es única, es habitual que varios usuarios que trabajan en el mismo Sistema de Referencia de Coordenadas (CRS) utilicen diferentes modelos en las controladoras para trabajar en tiempo real.

Esta situación ha cambiado debido a la definición del rango de mensajes 1021-1027 *RTCM* 3.1 publicada en los años 2007 y 2008 por parte del *Special Committee RTCM-SC104*, capaces de transmitir en tiempo real transformaciones geodésicas entre marcos de referencia, y cuya implementación ha sido desarrollada recientemente (Jäger et al., 2008). De este modo, las mediciones *GNSS* en el marco de referencia de la red pueden ser automáticamente expresadas en otro marco y las altitudes elipsoidales convertidas a ortométricas transportando la ondulación del geoide en la posición del receptor móvil, siendo innecesario introducir las transformaciones en las controladoras de campo. Otra ventaja es la administración desde un centro de control *GNSS* de estas transformaciones, proporcionando a los usuarios conjuntos de parámetros y modelos consistentes y actualizados.

## GENERACIÓN DINÁMICA DE MENSAJES DE TRANSFORMACIÓN

### 2.1. ESTANDARIZACIÓN DE TRANSFORMACIONES GEODÉSICAS PARA TIEMPO REAL.

La definición de los mensajes del rango 1021 a 1027, se establece en el documento *RTCM* 100-2007-SC104 y *Amendment 1* del estándar *RTCM*:

Mensaje 1021: proporciona espacio reservado para los parámetros Bursa-Wolf de las expresiones linealizada o estricta de la transformación de Helmert y para la de Molodensky.

Mensaje 1022: transporta los parámetros Badekas-Molodensky junto a las coordenadas del baricentro origen que deben coincidir con el baricentro del área de los servicios RTK.

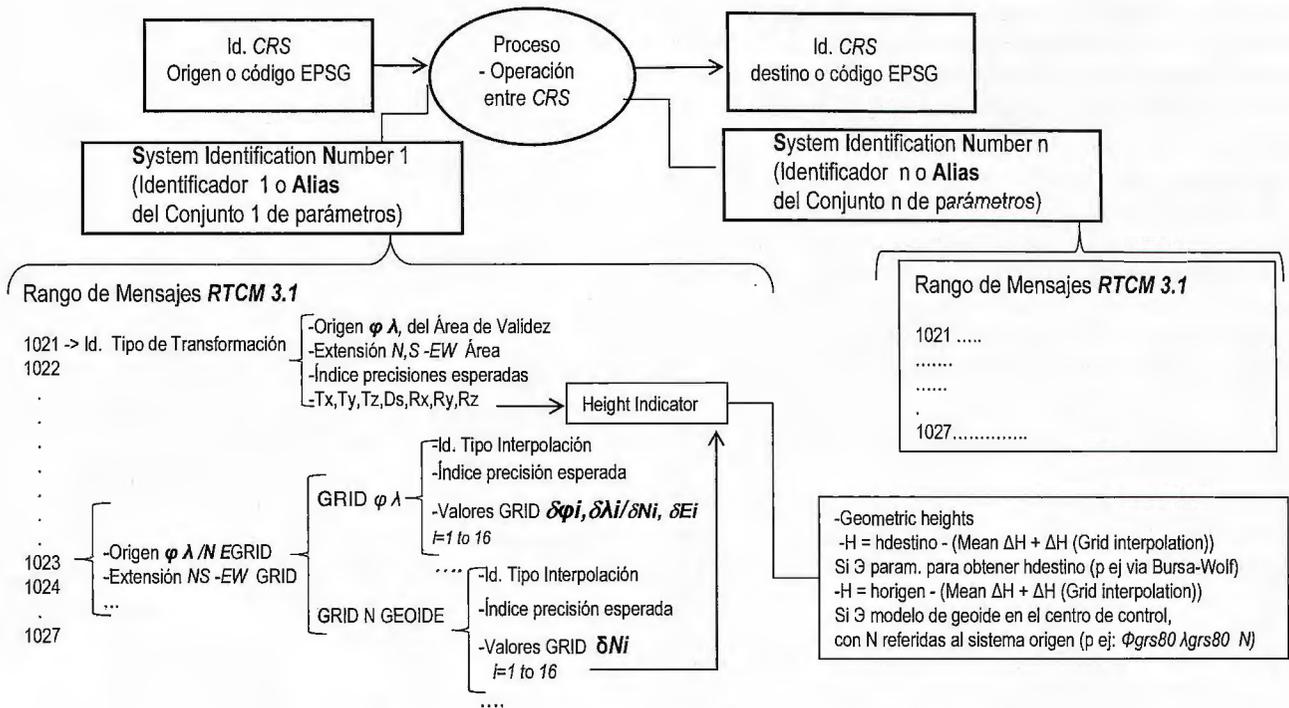


Figura 2: Diagrama general de definiciones y procesos con los mensajes RTCM 1021-1024

Mensaje 1023: proporciona en tiempo real, los valores interpolados o también denominados residuales (RTCM 100-2007-SC104), obtenidos a partir de mallas definidas por coordenadas geodésicas elipsoidales en cuyos nodos se conocen los desplazamientos en latitud y longitud de la transformación de Datum, expresados en segundos de arco. Soporta el envío de una malla de geoides con los valores de ondulación conocidos para sus nodos.

Mensaje 1024: proporciona los mismos residuos anteriores, pero utilizando GRIDS definidos por coordenadas Norte-Este. Los mensajes 1023 y 1024 deben ser transmitidos en diferentes streams vía NTRIP si ambas cuadrículas existen.

Mensajes 1025, 1026 y 1027: soportan la imposición desde el centro de control de la definición y transporte vía IP de distintos CRS para proyecciones cartográficas como la cónica conforme de Lambert, la oblicua de Mercator, y hasta siete proyecciones más comúnmente utilizadas a nivel mundial o definidas por el usuario. Cada uno de estos mensajes, al ser implementado debe ser transmitido en un solo stream identificado por un Mountpoint.

### ENCAPSULACIÓN Y FLUJO EN TIEMPO REAL DE TRANSFORMACIONES EMITIDAS SEGÚN RTCM 3.1.

Una parte crítica del proceso, es la implementación y adaptación de las transformaciones geodésicas o modelos que



Figura 1: Diagrama de flujo de datos y arquitectura

deben ser cargadas en módulos externos o embebidos dentro del software generador de correcciones de Red RTK. Para su aplicación en tiempo real de modo eficaz, entre el receptor móvil y el procesador de solución de Red es necesaria la comunicación *bidireccional*, aunque técnicamente parte del rango de mensajes 1021-1022, es aplicable también en modo *uni-direccional* o *broadcast* en el *stream* de una sola estación. En el caso *bidireccional*, la sentencia *NMEA-GGA* transmitida desde el receptor móvil al servidor es reenviada por el software de administración y solución de red RTK al módulo que estandariza la transformación en *RTCM 3.x*, (cambio de *Datum*/marco/información sobre el *CRS* y/o ondulación de geoides), y genera dinámicamente los parámetros a encapsular para el transporte *NTRIP* (Figura 1).

En el caso del rango 1021-1022, la definición del área de validez se fija en el módulo de transformación, y consiste en las coordenadas  $\phi$ ,  $\lambda$  origen y la extensión del área de cobertura del servicio. En el envío de mensajes del rango 1023-1024 (mallas de transformación u ondulación), la extensión debe ser la del área de cobertura del servicio y cuando el procesador RTK recibe la sentencia *NMEA*, como transformación dinámica se genera una nueva submalla con la posición del receptor móvil en el centro (figura 1). El área de validez en este caso corresponde a la nueva submalla definida por un subconjunto de nodos que lo rodean, entre 4-16, (cambiando así el significado de área de validez para los mensajes 1023-1024 con respecto al 1021-1022). Los valores conocidos de la submalla son los que se envían para la interpolación en el rover, cuyo método (Bilineal, Bicuadrática, o Bicúbica) se especifica en los mensajes transmitidos. Los campos de datos de los mensajes del tipo char, bit o entero se definen en el centro de control *GNSS* y se incluyen dentro del flujo *RTCM* para especificar el método de interpolación, los parámetros de los elipsoides de referencia, y/o *CRS* origen y destino o código EPSG (*European Petroleum Survey Group*).

El Número de Identificación del Sistema (SIN) se emplea para denominar un mismo conjunto de parámetros de transformación. Según se define en el *Amendment 1* del estándar, es necesario en caso de implementar varias transformaciones geodésicas en el centro de control y su transmisión por varios *streams*, (Jäger, 2008). Cada transformación puede ser emitida también utilizando un puerto TCP distinto. Las tolerancias de los valores e interpolaciones se establecen en los estándares de los mensajes de transformación 1023-1024, debiendo ser consideradas para implementar determinadas rejillas o modelos.

Elemento transportado en <i>RTCM 3.1</i>	Tolerancia según estándar <i>RTCM 3.1</i>	Tolerancia en interpolación
Data Field 199	$\delta\phi_i \pm 0.00765''$	en $\phi_i$
Data Field 200	$\delta\lambda_i \pm 0.00765''$	en $\lambda_i$
Data Field 201	$\delta N_i \pm 0.255 \text{ m.}$	$N_i$

Tabla 1: Tolerancias del según *RTCM Paper 100-2007-SC104-STD* para valores interpolados para  $\phi$ ,  $\lambda$  y ondulaciones de geoides.

Elemento transportado <i>RTCM 3.1</i>	Máximo / Mínimo
Data Field 205-206	$\Delta\lambda, \Delta\phi \pm 0.127 ''$
Data Field 207	$N_{\text{geoides}} \pm 163.8 \text{ m}$

Tabla 2: Máximo y mínimo desplazamiento permitido en nodos en mallas según *RTCM Paper 100-2007-SC104-STD*

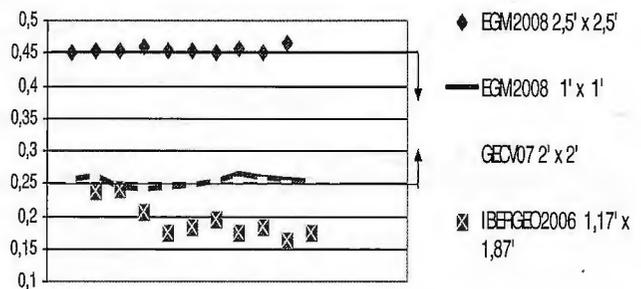
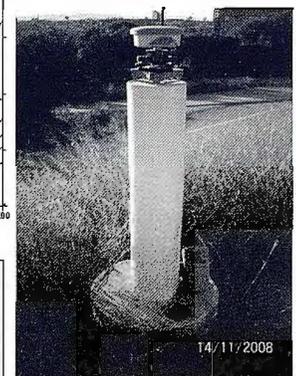
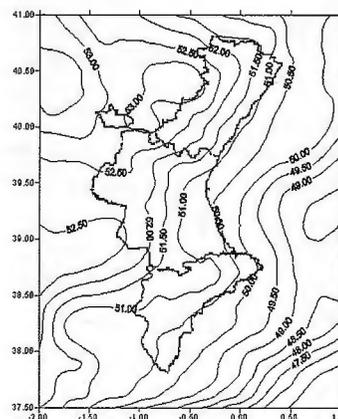


Figura 3: Valores de la interpolación  $a_0+a_1x+a_2y+a_3xy$  entre nodos en metros y umbral de tolerancias para distintos Geoides para transporte en *RTCM 3.1 1023/1024. GECV07-Geoides CV.*



Figuras 4 y 5: Red Geodésica de Cuarto Orden del ICV y Modelo de Geoides GECV07 para la Comunidad Valenciana. Elipsoide de referencia GRS80

Los valores en nodos o interpolaciones para una determinada posición *NMEA* que excedan estas tolerancias no son aptos para ser emitidos según los estándares *RTCM*. Esta cuestión puede resultar crítica en bordes del área ocupada por modelos o en mallas de poca resolución. Por ejemplo, un modelo de geoides global como el *EGM2008* (no escalado), presenta valores de interpolación de ondulación fuera de tolerancia con la malla de paso 2,5'x2,5' para envío en mensajes estandarizados tipo 1023. Obvia-

mente, la adaptación del *EGM2008* supone remuestrear el modelo a malla de  $1' \times 1'$ , como se observa en la figura 3, donde se realiza una comparativa en la implementación para el envío de ondulaciones del geoide gravimétrico local de Valencia (Martín, 2008), el *IBERGEO2006* (Sevilla, 2006) y el global *Earth Gravitational Model EGM2008*, (Pavlis, 2008).

### **2.3 IMPLEMENTACIÓN Y TRANSPORTE DE LOS MENSAJES DE TRANSFORMACIÓN 1021-1023.**

La primera de las encapsulaciones implementadas consiste en el conjunto de parámetros del test de transporte del mensaje 1021 desde el procesador *RTK*, que corresponde a los valores de la expresión lineal de la transformación Bursa-Wolf, calculados utilizando la red geodésica de Cuarto Orden de Valencia (ICV), con más de 1500 puntos de coordenadas precisas ajustadas en ETRS89 y ED50, (Capilla, 2004).

La adopción del *Datum* ETRS89 en esta densificación, ha sido posible gracias al reprocesamiento y ajuste tridimensional de la red, incluyendo las nuevas campañas de campo 2008 del ICV, actuando como densificación de la red REGENTE del IGN (Barbadillo et al. 1996). Asimismo, los nuevos mensajes de transformación han sido analizados con los servicios para posicionamiento en tiempo real que proporcionan las Estaciones de Referencia *GNSS* de Valencia (ERVA), proyecto ejecutado y administrado por el ICV, (Capilla 2005, 2006).

Una segunda implementación desarrollada y analizada es la posible transmisión en tiempo real de la transformación entre ETRS89-ED50 publicada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). La aplicación de modelos de transformación de *Datum* es un tema ampliamente tratado para la península (González Matesanz, 2004-2006), (Berné, 2004). La rejilla para la transformación entre SGR del IGN de extensión Península+Baleares, adopta el formato binario *NTv2* (*National Transformation versión 2*), siendo una transformación continua para todo el territorio, reversible e integrable en software comercial o libre.

Debido a la heterogeneidad y propagación de residuos del *Datum* ED50, un conjunto clásico de siete parámetros de ámbito peninsular no es suficiente para garantizar una transición consistente entre ED50 y ETRS89. Una alternativa eficiente es la interpolación bilineal entre valores de los nodos de la rejilla, que modela la distorsión con el método de superficies de mínima curvatura, (de bondad en torno a 10 cm al 95% en [www.cnig.es](http://www.cnig.es)). Suponiendo un usuario que necesite trabajar en tiempo real con la rejilla *NTv2*, los mensajes que contengan esta transformación pueden ser generados dinámicamente desde el centro de control. No obstante, la interpolación y valores de los nodos de la rejilla Península-Baleares para su envío estandarizado en *RTCM* 3.1, excedería la tolerancia establecida en los campos de los mensajes (Tablas 1-2). Una solución es el tratamiento y descomposición de la rejilla *NTv2* para el transporte conjunto soportado de los mensajes 1021-1023. En el mensaje 1021 se enviaría la componente de la transformación conforme, y a través del mensaje 1023, los valores de una nueva malla generada dinámicamente a cuyos nodos se reasigna la componente de la transformación de *Datum* que modele sólo el residual restante.

Un tercer punto de análisis es el siguiente: los proveedores de servicios *GNSS* deben utilizar productos IGS para procesamiento y cálculo preciso de estaciones y referirlas al marco *ITRFyy* más reciente. Los marcos de referencia globales, (coordenadas y velocidades), son actualizados cada cierto tiempo. Las últimas estrategias de procesamiento acordadas se caracterizan, además, por adoptar modelos absolutos para variaciones de centro de fase de antena. Por otro lado, para evitar discontinuidades y armonizar las futuras realizaciones del sistema ETRS89 en Europa, EUREF recomienda adoptar el marco *ETRF2000* como marco de referencia común (Altamimi, 2008). De cualquier forma, la decisión de adoptar un cambio de marco *ETRFxx* puede producir discontinuidades en las posiciones de las estaciones, (Benciolini, 2008), así que el mensaje 1021 podría ser implementado y utilizado para enviar a los usuarios la transformación que alinee las actuales coordenadas con la solución obtenida del alineamiento *ITRFyy/ETRFyy* anterior. De este modo, se encapsularían los *offsets* estimados entre marcos.

### **2.4 TRANSPORTE DE ONDULACIONES DE GEOIDE EN TIEMPO REAL.**

El modelo de geoide gravimétrico de alta resolución para la Comunidad Valenciana GeCV07, ha sido analizado para la generación dinámica y encapsulación de ondulaciones en tiempo real en el mensaje 1023, (Figuras 3 y 5), junto con *IBERGEO2006* y el reciente *EGM2008*. GeCV07 se basa en la técnica Eliminar-Restaurar según el escenario Stokes-Helmert a partir del modelo global EIGEN-CG03C, una base de datos gravimétrica validada con más de 13000 puntos, el modelo digital de elevaciones de resolución  $25 \times 25$  metros del SGE y un modelo digital batimétrico con resolución de  $1000 \times 1000$  metros (Martín et al. 2007, 2008).

El modelo global *EGM2008* completo hasta grado y orden 2159, contiene coeficientes adicionales hasta grado 2190 y orden 2159 (recuperando el campo gravitatorio hasta longitudes de onda de unos 20 km), ha sido elaborado por la Nacional Geospatial-Intelligence Agency (NGA) de los Estados Unidos a partir de nueva base de datos de gravedad de  $5' \times 5'$  global, de datos procedentes de la misión espacial GRACE, y de una nueva base de datos altimétrica basada en la solución Shuttle Radar Topographic Misión junto con otras bases de datos (GTOPO30, ICESat, etc.) lo que ha permitido el desarrollo de un modelo digital de elevaciones global de  $30'' \times 30''$  y de una nueva superficie media del mar utilizando datos de satélites altimétricos Topex/Poseidon, Jason-1, ERS-1/2, Geosat, Envisat, GFO y ICESat. En Martín et al. (2009) se puede encontrar un análisis exhaustivo de este modelo respecto a otros modelos anteriores y su impacto sobre determinaciones de geoide locales.

### **ANÁLISIS DE CAMPO.**

Para la toma de datos en campo, se han utilizado dos equipos *rover GNSS* diferentes que soportaban los nuevos mensajes *RTCM* 3.1. Las pruebas han consistido en la generación de la transformación dinámica en tiempo real en el procesador del Servicio de Red *RTK*, para diversas posiciones ocupadas por un *rover*, del cambio de SGR ETRS89 a ED50, y de la identificación de los nodos para la interpolación de la ondulación del geoide, siguiendo la estandarización de mensajes según especificaciones *RTCM*

3.1. Se han realizado diferentes ocupaciones en condiciones de latencia y constelación óptimas sobre un conjunto de vértices de la Red Geodésica de 4º Orden autonómica, y sobre vértices de la base de calibración de la Universidad Politécnica de Valencia, para evaluar el rendimiento de la transformación geodésica transportada por *NTRIP*. El receptor móvil procesa los parámetros y residuales recibidos a partir de la configuración definida en el procesador de red *RTK*.

La tabla 3 muestra los resultados del primer test de campo realizado, con la emisión en tiempo real de la transformación geodésica tridimensional a través del mensaje 1021. La primera fila muestra la precisión en coordenadas  $\varphi$ ,  $\lambda$  obtenidas con correcciones de red *RTK* en ETRS89, la segunda muestra la diferencia entre la aplicación de los parámetros a la posición de solución de red *RTK* introduciéndolos en el controlador y la posición obtenida a través de los parámetros transportados por *RTCM 3.1*, la tercera es la diferencia entre la transformación de Datum aplicada a las coordenadas ETRS89 ajustadas y precisas del vértice y la obtenida aplicando la transformación transportada.

PDOP medio:1.6 Latencia media:0.7 segundos	$\mu$	$\sigma$	$2\sigma$ P95 %	Ma x.
Precisión en Solución de Red <i>RTK</i>	0.009	0.00	0.004	0.01
Estadísticos de la Transformación Transportada	0.003	0.00	0.006	0.01
Precisión Transformación Transportada + Precisión Posicionamiento	0.024	0.01	0.027	0.06

Tabla 3: Estadísticos de las diferencias 2D en emisión de transformación entre SGR en mensaje *RTCM 3.1 1021*. Unidades en metros (ver texto para explicaciones).

PDOP medio: 1.6 Latencia media: 0.7 seg.	$\mu$	$\sigma$	$2\sigma$ P95 %	Max.
Precisión planimétrica	0.009	0.002	0.004	0.013
Precisión altimétrica	0.014	0.009	0.019	0.025
Estadísticos ondulaciones transportadas tiempo real	-	0.011	0.023	0.015
Precisión Ondulación Transportada + Precisión Posicionamiento	0.001	0.013	0.024	0.018

Tabla 4: Estadísticos de los resultados de transmisión de ondulación del geode GECV07, en mensaje *RTCM 3.1 1023*. Unidades en metros (ver texto para explicaciones).

PDOP medio: 1.3 Latencia media: 0.8 seg.	$\mu$	$\sigma$	$2\sigma$ P95%	Max.
Estadísticos ondulaciones transportadas tiempo real	0.003	0.009	0.021	0.000
Precisión Ondulación Transportada + Precisión Posicionamiento	0.001	0.009	0.021	0.005

Tabla 5: Estadísticos de los resultados de transmisión de ondulación del modelo *EGM2008* malla 1x1, en *RTCM 3.1 1023*. Unidades en metros.

Las discrepancias en la transformación con los parámetros emitidos desde el procesador, son menores que la precisión del posicionamiento en tiempo real con correcciones de red (como era de esperar), así que se puede asumir que no existe error en la aplicación de los mensajes de transformación emitidos en tiempo real.

La correcta obtención de la ondulación del geode transportada (particularizada para GeCV07) depende de la exactitud en la posición obtenida tanto en planimetría como en *h* elipsoidal. La frecuencia para emitir mensajes se asignó a 5 y 20 épocas para comparar resultados mientras el *rover* se movía dentro del área de validez en una base de calibración en cada ocupación.

La tabla 4 muestra en la primera fila, como en el caso ante-

rior, la precisión en planimetría con correcciones de red, la segunda contiene los estadísticos en la determinación de *h* elipsoidal, la tercera muestra la diferencia entre las ondulaciones de geode calculadas en la posición obtenida con correcciones de red y las ondulaciones recibidas a través de los mensajes de transformación emitidos (o lo que es lo mismo, diferencia entre aplicar una malla introducida en el controlador y la misma malla transmitida en mensajes *RTCM 3.1* implementada en el centro de control), la cuarta es la diferencia entre las ondulaciones de geode calculadas para las coordenadas ETRS89 ajustadas del vértice y las transmitidas a través de los mensajes de transformación *RTCM 3.1*.

La indeterminación en la ondulación del geode debido a la precisión en planimetría en tiempo real puede ser despreciada. La tercera fila presenta resultados consistentes con los errores en la *h* elipsoidal observada de la segunda fila, considerando el grado de dispersión de la componente *h* elipsoidal en tiempo real, con lo que el valor presentado en la cuarta fila llega a ser prácticamente el error de la interpolación, con escasa influencia sobre la ondulación final del transporte de la misma o de la latencia de las correcciones. Los resultados obtenidos con otros modelos de geode adaptados y encapsulados desde el centro de control GNSS, (*IBERGEO2006*, *EGM2008*), son muy similares a estos.

Por último, la obtención de resultados en tiempo real alineados con diferentes marcos *ITRF05-ETRS89/ETRF05* y *ITRF00-ETRS89/ETRF00*, puede ser tratado con el envío del mensaje 1021 con el fin de dar soluciones a proveedores de servicios GNSS en tiempo real que necesiten actualizar las coordenadas en nuevos marcos *ITRFyy/ETRFxx*.

Como se observa, las conclusiones son las mismas al enviar *offsets* estimados entre alineaciones de marco, cuando estos son apreciables en tiempo real para el usuario, sobre todo en el caso de soluciones obtenidas a partir de distintos modelos de calibración de antena (tablas previas de calibraciones al centro de fase relativas o las actuales calibraciones absolutas al centro de fase).

### 3.1 TRANSPORTE COMBINADO DE MENSAJES 1021, 1023.

El transporte combinado de mensajes 1021, 1023 es el utilizado para estandarizar, siguiendo la definición *RTCM 3.1*, el envío de la rejilla nacional NTv2 mediante la integración de distintos tipos de transformación geodésica para transporte *NTRIP*: A través del mensaje 1021 se enviaría la parte conforme de la transformación, y a efectos de evaluación, se ha elaborado una malla remuestreada para el mensaje 1023, que transmite simultáneamente con la anterior, el valor que se predice del residual restante equivalente al modelado de distorsión. En los nodos de la nueva malla se conoce la diferencia entre aplicar una transformación conforme y la transformación modelando la distorsión con superficies de mínima curvatura. La tabla siguiente muestra el rendimiento en su aplicación:

	$\mu$	$\sigma$	$2\sigma$ P95%	Max.
Diferencia transformación transportada por RTCM 3.1 y calculada para la posición RTK	-0,0030	0,008	0,018	0,006
Precisión transformación transportada + Precisión posicionamiento	0,0033	0,0097	0,022	0,015

Tabla 6: Consistencia de resultados en  $\varphi$ ,  $\lambda$ , h con el transporte en tiempo real de transformaciones. Traslación enviada correspondiente a las soluciones ETRF2005-ETRF2000. Unidades en metros.

	$\mu$	$\sigma$	$2\sigma$ P95%	Max.
Precisión transporte de transformación conformidad + modelado de distorsión para la posición RTK	0,0005	0,003	0,007	0,003
Diferencia transformación transportada conformidad+modelado de distorsión por RTCM 3.1 y calculada sobre ETRS89 ajustadas del punto (Precisión Rejilla transportada + Precisión Posicionamiento)	0,0016	0,007	0,016	0,0098

Tabla 7: Consistencia de resultados en  $\varphi$ ,  $\lambda$ , en metros con transporte en tiempo real de transformación 1021 (conformidad), 1023 (modelo de distorsión basado en sped2et.gsb V3), con GRID  $\delta\varphi$ ,  $\delta\lambda$ , 1'x1'.

## 4 CONCLUSIONES

Se ha introducido una descripción del uso y rendimiento de los nuevos mensajes estandarizados de transformación RTCM 3.1 en una Red GNSS, evaluando la generación dinámica desde el centro de control y envío vía NTRIP del cambio de Datum de ETRS89- ED50 y de ondulaciones de geoides de distinta naturaleza (local, regional o global, etc.). Las pruebas de campo muestran muy buena consistencia con las transformaciones emitidas y transportadas en tiempo real (apartado 3), por lo que al utilizar estos nuevos productos, se dará una alternativa a la introducción de transformaciones y modelos del geode por parte de los usuarios en sus controladoras de campo. Adicionalmente, la aplicación y análisis de las nuevas definiciones de estándares, supone una tarea interesante para los administradores de redes GNSS con el fin de proporcionar un *feedback* eficiente para la continua actualización de estándares y mejora de herramientas en centros de control.

La implementación y la preparación de mallas para la generación dinámica de estos mensajes y su emisión en tiempo real, constituye un trabajo adicional para los administradores de redes GNSS, pero asegura que los usuarios de los servicios en tiempo real tengan acceso y puedan escoger la información actualizada de transformaciones establecidas a través de flujos y productos emitidos vía NTRIP.

### Agradecimientos:

A Reiner Jäger de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Karlsruhe, las aportaciones derivadas de su investigación en la implementación de los mensajes RTCM 3.1 para emisión de transformaciones geodésicas, a Leica Geosystems, Trimble Ibérica y A1-top, por el soporte en herramientas y nuevas versiones de firmware empleados para análisis. El fichero en formato binario NTv2 pertenece al IGN y ha sido tratado por los autores del artículo para la implementación de los mensajes emitidos en tiempo real del rango 1021-1023.

### Referencias

Barbadillo A., Quirós R. (1996). Proyecto REGENTE. Una nueva red geodésica nacional. Física de la Tierra 8,23-38.  
Benciolini B, Biagi M, Crespi M, Manzano A.M., Roggero M. (2008). Reference frames for GNSS positioning services: Some

problems and proposed solutions. J. Appl. Geodesy 2, 53-62

Berné J.L., Capilla R.M. (2004). Adopción del sistema ETRS89 en la Red Geodésica Autonómica de Valencia. IV Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Figueira da Foz. Portugal

Berné, Cañas A, Capilla R. (2004). Métodos de Transformación entre Sistemas de Referencia Geodésicos. Instituto de Navegación de España Vol. 22.

Boucher C., Altamimi Z. (2008). Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign. EUREF IAG Subcommission.

Capilla R.M., Blat Puchades, E., Saa Gonzalez JM (2005). Arquitectura y servicios de la red de Estaciones GPS/GNSS de Valencia. Quinta Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Sevilla 2006.

Capilla, RM., Die, J; Estes, E (2006). Diseño, aplicaciones integradas y rendimiento de la red activa GPS/GNSS de Valencia. 7 Setmana Geomàtica. Febrero 2007 -Barcelona.

Gonzalez-Matesanz J., Dalda A., Quirós, R., Celada, J., Sanchez, J.A.(2004): Predicción de diferencias entre ED50 y ETRS89. IV Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Figueira da Foz. Portugal

González-Matesanz J., Dalda A., Malpica J.A. (2006). A range of ED50-ETRS89 DATUM transformation models tested on the Spanish geodetic network. Surv. Rev.. Vol. 38, nº 302,

Jäger R., Kälber S. (2008). The new RTCM 3.1 transformation messages—declaration, generation from reference transformations and implementation as a server-client concept for GNSS services. International Conference GEOS 2008.

Martín A., Navarro R., Anquela A.B., Berné J.L. (2007): Modelo digital batimétrico de la zona marítima de la Comunidad Valenciana. Mapping, nº 120.

Martín A., Capilla R., Anquela A.B., Padín J., Berné J.L. (2008). High-precision and high-resolution gravimetric geoid determination in Valencia (Eastern Spain). I International congress on geomatic and surveying engineering, Valencia (Spain). Proceedings.

Martín A., Anquela A.B., Padín J., Berné J.L. (2009): Hacia una nueva era en la determinación de modelos de geode. Análisis del nuevo modelo geopotencial global EGM2008. Setmana Geomàtica Internacional. Barcelona, Marzo de 2009.

Pavlis N.K., Holmes S.A., Kenyon S.C., Factor J.K. (2008). An Earth Gravitational model to degree 2160: EGM2008. EGU general Assembly 2008, Viena, Austria.

RTCM Special Committee No. 104 (2006). RTCM Standard 10403.1 for differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services – Version 3. Radio Technical Commission for Maritime Services.

RTCM Special Committee No. 104 (2007). Amendment 1 to RTCM Standard 10403.1 for differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services –V 3. Radio Technical Commission for Maritime Services.

Sanz J.M, Quirós R, Prieto J.F, Regidor J, Barbadillo A. (2001): El proyecto REGENTE. Topografía y cartografía: Revista del COITT, ISSN 0212-9280, Vol. 18, Nº 105, 2001, pags. 4-11  
Sevilla M.J. (2006). IBERGEO2006: Nuevo geode centimétrico de la Península Ibérica. Topografía y Cartografía, Vol. XXIII, nº 135,3-10.en RTCM 3.1 1023/1024. GECV07-Geode CV.

# Sistemas de Información Geográfica, Infraestructura de Datos Espaciales y Educación.

Doris Mejía Ávila Docente Universidad de Córdoba -Colombia Estudiante de doctorado en la Universidad Politécnica de Madrid.  
Miembro del grupo de investigación LatinGeo.  
XIII Simposio de la Selper

## RESUMEN.

El presente artículo enmarca la Infraestructura de Datos Espaciales como parte del proceso evolutivo de los Sistemas de Información Geográfica, resaltando su importancia en la obtención de la información geográfica y realiza un análisis de la contextualización de las IDE's en el ámbito académico de Estados Unidos y Latinoamérica, basado en el informe presentado por la Consorcio Universitario de Ciencia de la Información Geográfica o UCGIS en el año 2006 y en búsquedas en la Web de ofertas académicas para la enseñanza de las ciencias y las tecnologías de la información geográfica -C+T IG en Latinoamérica. Con base en los análisis realizados se concluye acerca de la poca importancia que se le está dando a las IDE's en la enseñanza universitaria en los niveles de pregrado y postgrado en disciplinas que tienen relación con las C+TIG.

**Palabras clave:** IDE's, C+T IG, educación, SIG, TIC,

## ABSTRAC

The present article frames the infrastructure of spatial data as part of the evolutionary process of the Geographical Information Systems, highlighting its importance in the obtaining of the geographical information and carries out an analysis of the contextualization of the IDE's in the academic area of United States and Latin America, based on the report presented by University Consortium for Geographic Information Science UCGIS in the year 2006 and in searches in the Web of academic offers for the teaching of the science and the technologies of the geographical information -C+TIG in Latin America. With base on the carried out analyses it is concluded the little importance that is being given to the IDE's in the university teaching in the levels of degree and post degree in disciplines have relation with the C+T IG.

**Key words:** IDE's, C+T IG, education, SIG, TIC,

## INTRODUCCIÓN.

Las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) son un término que se utiliza actualmente para hacer referencia a una gama amplia de servicios, aplicaciones, y tecnologías, file: //D: \AASelper \Documentos \Ponencias \ 6.Educación y Difusión de la Percepción Rem... 15/09/2008 que utilizan diversos tipos de equipos y de programas informáticos, y que a menudo se transmiten a través de las redes de telecomunicaciones (CEE, 2001). Son incuestionables y están ahí, forman parte de la cultura tecnológica que nos rodea y con la que debemos convivir. Amplían nuestras capacidades físicas y mentales y las posibilidades de desarrollo social. Finquelievich, 2004). El papel de las TIC se fundamenta en su potencial para manejar información como recurso esencial en el desarrollo humano.

El objetivo de las tecnologías de la información y la comunicación es facilitar la estructuración de la información y por lo tanto su circulación. En consecuencia, estas tecnologías modifican materialmente el entorno de la informa-

ción en el que un agente, o un grupo de agentes, actúan e interactúan. La planificación del desarrollo futuro de los sistemas de información debe agrandar sus miras con el objeto de abarcar una noción más amplia de la misión que tienen encomendada. (López de Blass, 2005)

Dentro de las Tecnologías de la Información y la comunicación se encuentran las Tecnologías de la Información Geográfica, definidas por diversos autores (Goodchild, 1997; Bosque, 1999; Chen y Lee, 2001) como todas aquellas disciplinas que permiten generar, procesar o representar información geográfica. (Chuvieco et al, 2005)

En el marco de la globalización, cada vez es más reconocida la importancia de la información geográfica, ya que diversas decisiones a nivel global requieren de la existencia, el procesamiento y la posibilidad de compartir información georreferenciada como datos de calentamiento global, principales fuentes de contaminación, rutas de transporte, entre otras. Por este motivo uno de los retos de la sociedad actual es lograr la difusión de la información geográfica y sus tecnologías asociadas, lo cual conlleva una serie de estrategias que van desde capacitar a la sociedad en general hasta convencer a los responsables de la toma de decisiones de las ventajas del uso de la información geográfica.

Si se hace referencia a las regiones subdesarrolladas, la problemática en torno al adecuado flujo de la información geográfica se puede abordar en un marco general como su posición frente al fenómeno de la globalización, o la concientización de los gobiernos en torno a su importancia, o analizando aspectos muy particulares que tienen que ver con la evolución de las tecnologías de producción de datos geográficos.

El presente artículo enmarca la Infraestructura de Datos Espaciales como parte del proceso evolutivo de los Sistemas de Información Geográfica, resaltando su importancia en la obtención de la información geográfica y realiza un análisis de la contextualización de las IDE's en el ámbito académico de Estados Unidos y Latinoamérica, basado en el informe presentado por la Consorcio Universitario de Ciencia de la Información Geográfica - UCGIS en el año 2006 y en búsquedas en la web de ofertas académicas para la enseñanza de las ciencias y las tecnologías de la información geográfica -C+T IG en Latinoamérica.

## De los Sistemas de Información Geográfica a la Infraestructura de Datos Espaciales.

En la evolución de los SIG se pueden diferenciar varias etapas: los primeros SIG se desarrollaban para resolver problemas de información concerniente a un proyecto específico; se caracterizaban por un reducido número de

usuarios (Chen, 2001), y en términos de tecnología eran llamados también SIG de escritorio, ya que su uso requería únicamente de un ordenador.

Posteriormente se evoluciona a los SIG que articulan la información que debe manejar una oficina o departamento al interior de una organización, ampliándose además el número de usuarios. Luego aparecen los SIG de empresas o llamados SIG corporativos (Chen, 2001). Estos últimos dada su complejidad, deben enfatizar en el trabajo concertado entre analistas y usuarios y en la aplicación de metodologías de construcción de Sistemas de Información.

El último estadio de evolución de los SIG mencionado por Chen corresponde a los SIG para la sociedad que se caracterizan por soportarse en sólidas tecnologías informáticas, el uso de Internet para la salidas de resultados y el número ilimitado de usuarios, generalmente desconocidos, y quienes conforman un amplio abanico en términos de manejo de las tecnologías informáticas: desde aquellos conocedores de gran parte de los procesos que soportan la información consultada hasta los que simplemente se concentran en obtener el dato que necesitan.

Esta evolución ha estado marcada por varios aspectos: Uno de ellos es la necesidad de los usuarios a articular mayor cantidad de información que pudiera encontrar la lógica del mundo real ó del mundo enmarcado en un departamento ó una empresa. Otro aspecto que contribuyó a esta evolución fueron los avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), que permiten disminuir la movilidad de los usuarios porque encuentran muchas respuestas a sus requerimientos en la Web.

Entre las más grandes ventajas de los SIG para la sociedad está la posibilidad de intercambio de información entre usuarios; lo que requiere que todas las organizaciones encargadas de generar información geográfica usen metodologías que permitan la consulta de datos en forma transparente; es decir, que haya interoperabilidad. Sin embargo, en el proceso de transición a los SIG para la sociedad, la interoperabilidad fue la mayor limitante, porque lo que se heredó de los expertos que las etapas anteriores, fue una cultura de no homogenización de la información, en la cual no se documentaban las características de los datos, se utilizaban diferentes formatos de salida, diferentes plataformas, diferentes sistemas de referencia para los datos espaciales.

Al problema de interoperabilidad en el ámbito de los SIG surge como solución la Infraestructura de Datos Espaciales -IDE, la cual se puede definir como el conjunto de recursos técnicos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web...) dedicados a gestionar la información geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos...) disponible en Internet, que cumpla una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, especificaciones, protocolos e interfases).

Las IDE's se componen de datos, metadatos y servicios y pueden ser de carácter local, regional, nacional o global; y tienen como objetivo unificar los procesos relacionados con la información geográfica, la cual debe ser accesible (con las limitaciones que imponga el dueño de la información) a través de Internet y debe existir consenso entre instituciones para compartir información. ([www.ideo.es](http://www.ideo.es)).

En la actualidad, las interfaces, basadas en las especificaciones del OpenGIS® Consortium (OGC), permiten a los servidores de datos de Internet ser consultados desde puestos remotos y extraer sólo la información específica requerida. Ya no es necesario preocuparse por los diferentes formatos de datos y por su conversión, gracias a una arquitectura abierta en virtud de la cual los servidores de datos pueden manipular los mismos en su formato nativo. En un entorno de interoperabilidad y estándares, tampoco hay que preocuparse por el software que se esté utilizando. Es posible, también, servir mapas en Web gracias a la filosofía adoptada basada en metadatos y Catálogos de datos geográficos. Con todas estas características presentes, la tendencia apunta a la integración de las tecnologías espaciales con el resto de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, lo cual es particularmente apreciado en el manejo de activos de información espacial en el entorno empresarial; así como en aplicaciones orientadas al Gobierno y al ciudadano. (Chen, 2001).

Las IDE's son más que la solución a una limitación de interoperabilidad, deberían ser la guía que estandariza todos los procedimientos que tienen que ver con los Sistemas de Información Geográfica, es decir que las IDE's se deben ver como la etapa más actual en la evolución de los SIG

Retomando el tema de la evolución de los SIG, es importante aclarar que el llegar a una etapa actual (la de las IDE's), no debe implicar el abandono de las aplicaciones de las etapas anteriores, dado que la información que suministran los diversos servicios web (mapas, fenómenos, coberturas, nomencladores catálogos, entre otros) satisface una gran cantidad de usuarios, pero otros requieren de información geográfica más procesada o muy específica de tal forma que la suministrada por la web no es suficiente.

Para ilustrar la idea anterior, se hace referencia al caso de las empresas que requieren un SIG corporativo; por ejemplo una entidad gubernamental encargada de la administración de los recursos naturales regionales, requiere de una aplicación que le estructure y articule los procesos de permisionamiento forestal, licenciamiento ambiental y ordenamiento pesquero entre otros.

Esta organización necesita que el SIG responda a requerimientos tales como la cantidad de madera aprovechada en un distrito, los procesos de licenciamiento en curso ó las personas naturales ó jurídicas sancionadas por incumplimiento de los planes de manejo ambiental pactados.

La información referida en el ejemplo anterior es muy específica y no se resuelve con consultas en la web. Es decir, esta empresa corresponde a un grupo de usuarios que sólo pueden obtener la información que requieren mediante el desarrollo de aplicaciones propias, en este caso un SIG corporativo.

El objetivo de estos raciocinios no es entrar en discrepancia entre diferentes etapas evolutivas de los SIG; es analizar la posibilidad de complementarlas para lograr productos mejores en el sentido que satisfagan a un número mayor de usuarios.

Chan y Willimson (1997) argumentan que un SIG corporativo corresponde al más bajo nivel en la jerarquía de infraestructuras de datos espaciales, por tanto estas pueden to-

mar elementos relacionados con la naturaleza y dinámica de desarrollo de los SIG corporativos; ideas sustentadas en la experiencia de desarrollo de SDI (infraestructura de datos espaciales, en inglés) en Australia en la cual se demostró que la naturaleza de un SIG corporativo (particularmente el del Departamento de Recursos Naturales y Ambiente del estado de Victoria-DNRE) es significativamente aplicable a las Infraestructuras de Datos Espaciales.

A diferencia de lo anterior, en algunos países en desarrollo los SIG corporativos van por una vía y las IDE's por otra; a nivel de SIG se siguen desarrollando aplicaciones corporativas que si bien satisfacen algunos requerimientos de usuarios específicos, tienen limitaciones de interoperabilidad porque no cumplen con los protocolos y estándares considerados en las IDE's. Estas aplicaciones caerán rápidamente en la obsolescencia y las organizaciones que las utilizan se convertirán en islas incomunicadas con el resto de usuarios de las tecnologías de la información.

Para todas las etapas ó niveles de SIG, es necesario hacer transversales los grandes aportes realizados por las IDE's; es decir, para todas las aplicaciones SIG los formatos de salida de información espacial, los modelos de datos y los lenguajes de programación deben enmarcarse en los estándares desarrollados por las IDE's, independiente de que la información vaya o no a la web.

Esto redundará en doble beneficio, porque las organizaciones pueden desarrollar sus SIG corporativos que estén acordes con los avances de las TIC y con las debidas restricciones de derechos de autor, se podría contar con información más especializada en la web. De esta forma, además de mapas topográficos o documentos de uso del suelo a escalas nacionales o mundiales se podría contar con cartografía temática especializada a escalas más detalladas (mapas de uso, mapas de erosión, zonificación ecológica, riesgos naturales, sistemas de producción, zonificación urbana).

#### **Las IDE's en el contexto académico.**

Pero que se debe cambiar para que las IDE's y las aplicaciones de SIG tomen un mismo camino? Las IDE's, la teledetección espacial, los SIG y el geoposicionamiento global forman parte de las llamadas ciencias y las tecnologías de la información geográfica -C+TIG. Sin embargo, las IDE's no se pueden poner al mismo nivel de los otros componentes; estas forman un conjunto de recursos más global, deberían ser vistas como el núcleo de la geoinformática, bajo la cual se estructuren todas las aplicaciones relacionadas con las tecnologías de la información geográfica.

Para hablar de cambios es importante tener en cuenta que las IDE's surgen como respuesta a las limitaciones de intercambio de información geográfica, por tanto su naturaleza ha sido muy tecnológica y se han originado en el ámbito de gestión de la información, habiendo pasado poco tiempo para que adquieran un contexto académico.

Es poco tiempo para los países que tuvieron la iniciativa IDE's como Estados Unidos y Canadá, más poco aún para las regiones subdesarrolladas como el caso de Latinoamérica. Respondiendo a lo pregunta de que debe cambiar para que las IDE's sean la ruta de orientación de todas las aplicaciones SIG, se puede afirmar que es neces-

sario contextualizarlas académicamente, es decir deben formar parte de la educación en las ciencias y las tecnologías de la información geográfica C+TIG.

A continuación se analiza la situación de las IDE's en el contexto de la enseñanza de las ciencias de la información geográfica, tomando como referentes Estado Unidos y Latinoamérica.

*Las IDE's en la enseñanza de las ciencias de la información geográfica en Estados Unidos.*

Para analizar las IDE's en el contexto académico de los Estados Unidos se tomo como referente el "cuerpo de conocimientos -2006" presentado por el Consorcio Universitario de Ciencia de la Información Geográfica<sup>1</sup>, y realizado como parte de la iniciativa de Currículos Modelo de la Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica (C+TIG)<sup>2</sup>.

El cuerpo de conocimientos -2006, entre otros se refiere a los problemas de personal que conllevan preocupaciones sobre la educación y formación en C+TIG en los E.E. U.U., examina la "infraestructura educativa" que es responsable de abordar las necesidades de personal e identifica las diez áreas de conocimiento que deben abordar los currículos de formación en C+TIG.

El principal problema que enfrentan las C+TIG hace referencia a las necesidades de personal como resultado del crecimiento de la industria de la C+TIG y de una preparación inadecuada del recurso humano para desempeñar funciones de alta tecnología; esto a su vez es consecuencia de los programas de certificación no regulados y de la falta de rigurosidad en los programas de "undergraduate". (UCGIS, 2006)

En Estados Unidos el estudio de las ciencias de la información geográfica está presente en diversas etapas de la enseñanza, tales como la educación formal en primaria y secundaria, la educación formal en el nivel "undergraduate" con programas de dos años y cuatro años y la

En primaria y secundaria aunque pueden reconocerse interesantes innovaciones en algunas escuelas, en general la adopción de SIG y tecnologías relacionadas en escuelas primarias y secundarias de los E.E. U.U. ha sido muy lenta (Bednarz, Downs y Vender, 2002, citado por UCGIS, 2006). Las preocupaciones de los profesores sobre el acceso a la tecnología, los datos, la formación y los materiales curriculares, todo ello combinado con la ausencia de apoyo institucional y de incentivos profesionales, conspiran para impedir esa adopción (UCGIS, 2006)

Para el nivel de "undergraduate" con programas de dos años, los colegios universitarios preparan a los estudiantes para primeros puestos de trabajo que requieren un uso

<sup>1</sup> Este consorcio se formó en 1994 para prestar una voz coherente a la comunidad de investigadores en Ciencia de la IG. Con esta contribución, el UCGIS espera fomentar una mayor coherencia y efectividad en el seno de la comunidad educativa de C+TIG.

<sup>2</sup> La iniciativa de Currículos Modelo surgió de una serie de ocho Desafíos Educativos en la Asamblea de Verano del UCGIS en Bar Harbor, Maine.

Uno de ellos era que — el perfeccionamiento de la educación en la Ciencia de la IG requiere la especificación y evaluación de currículos para una amplia gama de sectores estudiantiles "( Kemp and Wright, 1997, p. 4) sobre Currículos Modelo, dirigida por Duane Marble. En 2003 este grupo publicó el "Informe Strawman" que presentaba una ambiciosa idea de la reforma curricular para la "undergraduate education" de los EE. UU. en C+TIG.

El núcleo de esa idea es el Cuerpo de Conocimientos, es decir, un inventario global del dominio de conocimientos en la C+TIG.

Rutinario de las tecnologías geoespaciales, como la adquisición de datos, análisis rudimentario e interpretación

de datos, entrenamiento y visualización. Ya existen los incentivos institucionales y las corrientes de financiación necesarias para aumentar substancialmente la capacidad en este sector. Sin embargo, a estos programas pueden faltarles el aliento y la profundidad necesaria para preparar los estudiantes para roles de liderazgo en la industria geoespacial. Los programas de uno o dos años que ponen énfasis en el desarrollo de competencias técnicas pueden necesariamente olvidar las competencias analíticas, interpersonales y empresariales que se requieren para el éxito en roles de tecnología geoespacial (UCGIS, 2006). Para el nivel de “undergraduate” con programas de cuatro años hay muy pocas instituciones de enseñanza superior que ofrezcan “baccalaureate degree programs” y que se centren específicamente en SIG, Ciencia IG o tecnologías geoespaciales, por ejemplo Berdusco (2003) identificó unas 425 instituciones de enseñanza superior en todo el mundo (alrededor de 260 en los E.E. U.U.) que ofrecían programas formales de certificado, diploma y grado en SIG y Ciencia IG. De las 28 universidades estadounidenses en la lista que ofrecen programas en SIG (“undergraduate degree programs”), con la excepción de cuatro, el resto ofrece en efecto grados de B.A (Bachelor in Arts) y B.S (Bachelor in Sciences) en Geografía (19), Ciencia de la Tierra, Ciencia Medioambiental, Recursos Naturales o Ingeniería Forestal, con “concentraciones”, “especializaciones”, “vías” o certificados (undergraduate certificates) en SIG, Ciencia IG, cartografía y temas relacionados (UCGIS, 2006).

Los “baccalaureate degree programs” de cuatro años ofrecen oportunidades para enseñar y aprender temas de manera más profunda que los programas de dos años. Los graduados en “baccalaureate degree programs” rigurosos con especializaciones en tecnologías geoespaciales deben estar bien preparados para puestos iniciales que requieren la utilización rutinaria de tecnologías geoespaciales y para aplicar técnicas de análisis espacial con objeto de abordar razonablemente problemas sofisticados en una variedad de áreas. Además, los graduados de los programas de cuatro años deben al menos haber comenzado a crear las competencias empresariales e interpersonales necesarias para el progreso en agencias gubernamentales y empresas privadas. Sin embargo, en la práctica demasiados estudiantes que no estuvieron expuestos a las tecnologías geoespaciales en las escuelas primaria y secundaria “descubren” que es demasiado tarde en sus carreras universitarias para estudiarlas en profundidad (UCGIS, 2006). En educación formal a nivel de “graduate”. Berdusco (2003) identifica 76 programas de grado en SIG y Ciencia IG en todo el mundo, 30 de los cuales están en los E.E. U.U. El número se queda algo corto. El Consorcio Universitario de Ciencia de la Información Geográfica (UCGIS) representa 70 instituciones de enseñanza superior en los E.E. U.U. que han demostrado tener “una masa crítica de recursos para contribuir significativamente al objetivo de UCGIS”, que incluye el progreso en la investigación multidisciplinar en la Ciencia IG (UCGIS, 2005). La mayoría de estas instituciones ofrece uno o más programas de grado M.A. (Master of Arts), M.SC, (Master in Sciences) y Ph.D, (Doctor) con énfasis en SIG o Ciencia IG.

Programas de certificación académica. La certificación es el proceso por el cual las organizaciones conceden crédi-

tos a los individuos que demuestran tener ciertas cualificaciones y/o competencias. Las instituciones educativas acreditadas confieren certificados académicos; las sociedades profesionales y las empresas tienen programas de certificación académica. Phoenix (2005) calcula que cerca de 10.000 estudiantes en todo el mundo se involucran en algún tipo de certificado académico que tiene relación con SIG. Con toda certeza miles de ellos lo hacen en los EE. UU. Sólo una institución, Pennsylvania State University, ha dado más de 600 certificados de competencia en SIG desde 1999 y hoy en día atrae a unos 300 nuevos estudiantes todos los años. En 2000 Phoenix calculó que había más de 200 programas de certificación académica en SIG en los EE. UU. Últimamente la base de datos online de ESRI sobre programas académicos de SIG (ESRI, 2005) lista 246 instituciones con programas de dos y cuatro años que dicen ofrecer certificados SIG, de los cuales 120 están en los EE, UU. Veinticuatro instituciones estadounidenses dicen dar programas de certificación a distancia (UCGIS, 2006)

Una vez identificada la infraestructura educativa y la problemática de las C + T IG, con base en revisión de diferentes iniciativas de currículos para la enseñanza de las C+T IG (currículos formulados por el Centro Nacional de información geográfica y ambiental – NCGIA, Consorcio Universitario de Ciencia de la Información Geográfica – UCGIS, Instituto de Educación Avanzada en Ciencias Geoespaciales IAEGS), en 2006 se presenta el cuerpo de conocimientos, el cual contiene una estructura curricular organizada en tres niveles: “áreas de conocimiento”, “unidades” y “temas”.

Las áreas de conocimiento representan agrupaciones más o menos diferenciadas de conocimientos, habilidades y áreas de aplicación que se refieren a todos los sectores de la infraestructura educativa de la C+T IG: “undergraduate”, “graduate” y “postbaccalaureate / professional”. Estas áreas son: Fundamentos conceptuales, cartografía y visualización, análisis de datos, aspectos de diseño, modelado de datos, manipulación de datos, geomática, datos geoespaciales (UCGIS, 2006). Cada área de conocimiento consta de varias unidades constituyentes. Las unidades son conjuntos coherentes de temas que encarnan conceptos representativos, metodología, técnicas y aplicaciones. Comienzan con descripciones breves seguidas de una lista de temas. Las unidades se designan como “troncales” o “electivas”. Las primeras son aquéllas en las que todos los graduados de un programa de grado o de certificación deben ser capaces de demostrar un cierto nivel de competencia (UCGIS, 2006).

Pero las IDE’s como tema central de este artículo que lugar ocupan en esta estructura? El área de conocimiento que considera las IDE’s es la de datos geoespaciales, desarrollando temas como: Contexto general de la infraestructura de datos espaciales, principios de los metadatos, estandarización, especificaciones de intercambio, protocolos.

Además del tema de principios de metadatos, estos son tratados como una unidad en el área de conocimiento de modelos de datos; incluyendo los siguientes temas: metadatos – definiciones, importancia y usos, cómo deben representarse los metadatos, el uso de metadatos en la gestión de datos, Recursos de metadatos e intentos de

estandarización (UCGIS, 2006).

Una revisión rápida del cuerpo de conocimientos hace evidente varios aspectos positivos en el contexto de las C+T IG de los EE UU: la incursión de las C+T IG en múltiples niveles de la educación; a nivel mundial EE UU poseen el mayor número de instituciones de educación que imparten conocimiento en C+T IG.

Quizá lo más importante es el interés común del estado, la empresa privada y las organizaciones educativas por la mejora en el conocimiento de las C+T IG, como consecuencia de la conciencia que se tiene de la importancia que en el futuro tendrán estas ciencias en el desarrollo mundial.

Las diferentes versiones de planes curriculares presentados por diferentes asociaciones es un indicativo del interés por resolver los problemas que actualmente están identificados para las C+T IG. Pese a que el cuerpo de conocimiento no se enfoca particularmente en las IDE's, el desarrollo que se hace de esta temática en los planes curriculares de la enseñanza de las C+T IG permite presumir que estas tienen un espacio muy definido en el ámbito académico.

*Las IDE's en el contexto de la enseñanza de las ciencias de la información geográfica en Latinoamérica.*

Para América latina no hay un informe que describa el estado de las C+T IG con el detalle que lo hace el cuerpo de conocimientos; sin embargo, para tener una visión rápida de la contextualización académica de las IDE's, se realizaron búsquedas en la web, con base en las cuales se analizó su grado de incursión en las disciplinas que tienen mayor relación con el uso de información geográfica.

Se tomó información para seis países: Colombia, Venezuela, México, Brasil, Argentina y Chile, y se definieron diferentes niveles de la enseñanza de las IDE's:

Nivel I: Las IDE'S como curso o asignatura dentro de las carreras de pregrado y postgrado en las áreas afines al uso de C+T IG tales como la geografía, la ingeniería topográfica y geodésica, ingeniería catastral, ingeniería en agrimensura, licenciatura en cartografía. Se analizaron 40 ofertas académicas, encontrándose que ninguna considera dentro de sus mallas curriculares las IDE's como asignatura. Llama la atención que el 25% de estas ofertas académicas no consideran dentro de su plan de estudios ningún curso relacionado con C+T IG, integrando la mayoría de esta cifra los programas de geografía.

Nivel II. Las IDE's como curso dentro de los programas de postgrado en C+T IG: especialización, maestría y doctorado en SIG o geomática. La muestra correspondió a 20 ofertas académicas, de las cuales solamente una (5%) incluye las IDE'S como curso. Tan solo un programa de maestría en geomática considera las IDE'S como una línea de investigación.

Nivel III. Las IDE's como tema de los contenidos programáticos de los cursos impartidos en cualquiera de los niveles I y II. Anteriormente se analizó la inclusión de las IDE's como una asignatura dentro de las ofertas académicas; este nivel las analiza simplemente como temática dentro de los cursos o asignaturas de Sistema de Información Geográfica impartidas en las ofertas académicas. Se tomaron contenidos programáticos de 25 cursos de SIG ofertados en programas de los niveles I y II, encontrándose que el 28 % de los contenidos programáticos incluyen temas referentes a las IDE'S.

Nivel IV. Las IDE's como cursos de capacitación no formal (adiestramiento rápido en temas específicos; generalmente son impartidos por instituciones universitarias, instituciones de investigación o directamente por las organizaciones ó empresas que requieren el uso de estas tecnologías.

Se analizaron 15 ofertas de cursos no formales en Sistemas de Información Geográfica, encontrándose que el 26% de los cursos incluyen las IDE's como parte del temario del curso, incluso se encontró un curso exclusivo de IDE's. Los resultados muestran que las IDE's en el ámbito académico no tienen la suficiente importancia, ya que en carreras universitarias de pregrado y postgrado en disciplinas afines al uso de C+T IG no son consideradas como temática para el desarrollo de un curso completo; la situación es similar en los postgrados en C+T IG en los cuales únicamente el 5% las desarrollan como cursos.

El 28% de las ofertas académicas de los niveles I y II las incluyen dentro de los temas a impartir en los cursos de Sistemas de Información Geográfica, lo cual implica que no son ignoradas del todo; sin embargo es un porcentaje muy bajo, frente al 72 % de las ofertas académicas que las desconocen como temática importante de las C+T IG.

Las mismas C+T IG no cobran la suficiente importancia dentro del ámbito académico cuando se observa que el 25% de las ofertas académicas universitarias que tienen relación con el manejo de información geográfica no las consideran dentro de sus currículos, de tal forma que no se puede esperar más para un tema como las IDE's que es una iniciativa más reciente en el contexto de las C+T IG.

## **CONCLUSIONES.**

La falta de contextualización académica no es un problema exclusivo de las IDE's; las mismas Ciencias y Tecnologías de la Información Geográfica son excluidas de muchas disciplinas que tienen relación con estas. Además traspasa las fronteras de América Latina, pues Huxhold (2000) afirma "hoy cualquiera puede enseñar cualquier cosa y llamarlo educación en SIG" motivado por la falta de estándares y de responsabilidad por los programas de certificación académica en Estados Unidos. (UCGIS, 2006). Sin embargo, el cuerpo de conocimientos, 2006, hace evidente que en Estados Unidos hay una preocupación por el mejoramiento continuo del enfoque académico de estas tecnologías, con el fin de mejorar su respuesta a las necesidades de información geográfica para la toma de decisiones trascendentales a nivel mundial.

En este sentido es importante destacar la labor de organizaciones como NCGIA y UCGIS, que han tratado de agrupar las comunidades de usuarios de C+T IG (sociedades profesionales, fabricantes de software, instituciones gubernamentales y entidades académicas) y de orientar la investigación de las ciencias de la información geográfica.

Volviendo al contexto de América Latina, lo mencionado anteriormente apunta a dos condiciones: Los planteamientos para solucionar el problema de contextualización académica de las C+T IG son comunes a las IDE's y la importancia de organizaciones con objetivos académicos e investigativos.

El análisis presentado en este artículo vislumbra un diagnóstico general de la situación de las IDE'S, pero el pro-

blema como ya se ha visto, va más allá de la presencia o ausencia de cursos ó de temas, es necesario que las organizaciones latinoamericanas que actualmente trabajan en IDE's y en general en las C+T IG, tomen la iniciativa de generar estrategias de integración de usuarios con el fin de unificar criterios en torno a las condiciones y naturaleza de la educación en C+T IG.

La razón más sencilla por la cual las IDE's no figuran en los programas académicos, es porque quienes proponen planes de estudio y contenidos programáticos no las conocen, por tanto es necesario capacitar en IDE's a los docentes que actualmente se dedican a la enseñanza en C+T IG. Es importante que los docentes universitarios de las C+T IG orienten también sus investigaciones en relación a la educación en C+T IG. La mayoría de personal dedicado a la docencia en C+T IG tienen una orientación tecnológica, lo que hace que haya poca preocupación por el enfoque pedagógico.

La importancia de las IDE's ha sido más conceptualizada por las instituciones encargadas de generar la información geográfica que por las encargadas de la enseñanza en C+T IG; este aspecto es positivo, pero hay que trasladar estas experiencias de IDE a la académica, porque es esta la encargada de generar el componente humano capacitado de acuerdo a las necesidades de las instituciones y no las instituciones capacitar al personal en las falencias que deja la academia.

En la lógica del contexto de las IDE's como el conjunto de políticas, técnicas, normas y procesos que orientan la producción de información geográfica, una vez se resuelva la problemática anteriormente abordada, se espera que estas superen el nivel de cursos ó contenidos programáticos para convertirse en verdaderas ofertas académicas a nivel de postgrado para profesionales del campo de la informática y áreas afines con la información geográfica.

Es importante mejorar el diagnóstico de las IDE's en el ámbito académico desarrollando un proyecto que además de recolectar muy detalladamente la información en la web, recoja las opiniones de los diferentes actores tales como docentes y personal de las instituciones que manejan información geográfica.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Comunicado de la Comisión de las Comunidades Europeas: Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, 2001. Tecnologías de la información y de la comunicación en el ámbito del desarrollo. El papel de las TIC en la política comunitaria de desarrollo; Bruselas, 14.12.2001; COM(2001)770 final; p.3]
- Chen, Y.-Q. y Lee, Y.-C. (2001): Geographical Data Acquisition. Wien, Springer.
- Emilio Chuvieco et al, 2005. ¿Son las tecnologías de la información geográfica (tig) parte del núcleo de la geografía? Boletín de la A.G.E. N.º40 -2005, págs. 35-55  
<http://www.esterkaufman.com.ar/sitios/kaufman/publicaciones/Finquelievich%20Ec%20Conocimiento.pdf>. Finquelievich Susana, 2004 La sociedad civil en la economía del conocimiento: TICs y desarrollo socioeconómico.
- [http://www.ucgis.org/priorities/education/DB/Upload/UCGIS\\_GIST\\_BoK2006\\_12Dec05.pdf](http://www.ucgis.org/priorities/education/DB/Upload/UCGIS_GIST_BoK2006_12Dec05.pdf). Consorcio Universitario de Ciencia de la Información Geográfica – UCGIS, 2006. Cuerpo de conocimientos. López de Blas, Mercedes. 2005. (Las tecnologías de la información y comunicación como apoyo a la innovación y al cambio. Mercedes López de Blas.) REICE: Revista electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, año 2005/ Vol. 3, número 1, especial Red Iberoamericana de Investigación sobre Cambio y Eficacia Escolar. Madrid, España.
- Tai On Chan and Ian P. Williamson, 1999. Spatial Data Infrastructure Management: lessons from corporate GIS development. Presented at AURISA 99 -The 27th Annual Conference of AURISA Blue Mountains, New South Wales, 22-26 November 1999.

# Noticias

## TECNOGEO nombrado distribuidor único de ERDAS

**Las soluciones de la empresa permiten transformar los datos de origen en ortofotos y mapas.**

TECNOGEO, empresa de tecnologías geoespaciales del Grupo ABSIS, ha sido nombrada distribuidor único para España de todas las soluciones ERDAS.

Este acuerdo consolida la relación de ambas empresas iniciada hace tres años. TECNOGEO ya implantaba desde entonces las soluciones de ERDAS para el tratamiento y la distribución online de imágenes de gran volumen.

"Sabemos, por la experiencia que nos han demostrado en estos tres años de colaboración, que la trayectoria de los profesionales de TECNOGEO garantiza la implantación idónea de nuestras soluciones en España", comenta Tomás Bayer, vicepresidente de ERDAS.

De este modo, TECNOGEO ofrece sus servicios de consultoría e implantación para el portfolio completo de ERDAS, con quien cubre las necesidades de gestión de todo el ciclo de vida de la información geoespacial.

Las soluciones de edición de ERDAS permiten al usuario transformar eficientemente los datos de origen en ortofotos y mapas. Posteriormente, las diversas soluciones de gestión permiten buscar, describir, catalogar y publicar servicios Web. Y además, también se ofrece toda una gama de herramientas para compartir y publicar la información dentro y fuera de la organización.

"Con ERDAS no sólo podemos cubrir las necesidades de información geoespacial de múltiples organizaciones, sino que también les garantizamos disponer de las soluciones más eficientes e innovadoras del mercado", afirma Jesús Bellóste, Consejero Delegado de TECNOGEO.

---

## GEOTRONICS

---

**Geotronics Southern Europe (GEOTRONICS)**, es una empresa de reciente creación que ha sido designada por la multinacional TRIMBLE como distribuidor autorizado para la zona centro de la península ibérica para toda su gama de soluciones de topografía, geodesia y geomática. Nuestro **objetivo principal** es la creación de un sólido vínculo de unión con todos ustedes para acercarles los últimos avances en sistemas de medición y la gama más completa de productos de Trimble Survey.

Con nuestra filosofía de **servicio integral** hacia los profesionales del sector, GEOTRONICS ofrece entre sus servicios: *Venta de equipos Trimble Survey, Asistencia técnica, Equipamiento de alquiler, Formación* en sistemas Trimble y sus aplicaciones, *Accesorios y Material auxiliar* para el desarrollo de todas las tareas y funciones del quehacer diario.

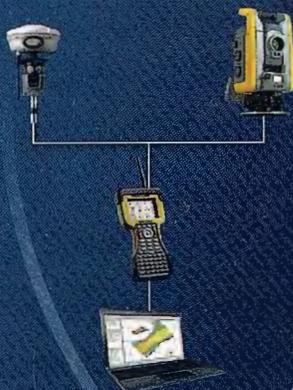
Estamos orgullosos de representar a una de las marcas comerciales de mayor renombre en el sector, y por ello nos hemos marcado el objetivo de, mediante una calidad de servicio de primer nivel, recuperar **la confianza y el respeto** que los clientes de Trimble se merecen.

# Soluciones topográficas integradas Trimble



Geotronics Southern Europe, Distribuidor Oficial de Trimble Survey para la zona centro de España, le acerca las soluciones Trimble de más alta tecnología para obtener los mejores resultados en sus proyectos. La integración de tecnología, servicios y la posibilidad de la modulación de los sistemas Trimble, nos permiten acercarle la solución más adecuada a sus necesidades sin recurrir en gastos innecesarios y obtener los mejores resultados con la mejor relación calidad-precio.

**Venta de  
instrumentos  
topográficos y  
accesorios**



**Servicio  
de equipos y  
configuraciones  
en alquiler**



**Servicio  
técnico oficial  
autorizado  
Trimble**



**Servicio  
de soporte  
postventa  
y formación**



## TERRANOVA REALIZA EL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL ESTUARIO DEL IÑURRITZA

*-Forma parte de las actuaciones llevadas a cabo para regenerar el biotopo protegido de esta zona.*

*-La Agencia Vasca del Agua y el Ente Vasco de la Energía han incluido uno de estos sondeos en la red de control de aguas subterráneas del País Vasco.*

La ingeniería medioambiental Terranova ha llevado a cabo el estudio hidrogeológico del estuario de la regata de Iñurritza como parte de las actuaciones del Plan Especial que se está llevando a cabo para regenerar este biotopo protegido.

Situada en la localidad guipuzcoana de Zarautz, la desembocadura de la regata Iñurritza constituye un pequeño humedal de gran riqueza en el que coexisten la dinámica fluvial, la marina y la del acuífero subterráneo que se desarrolla en depósitos cuaternarios.

La zona es una de las mejores representaciones de los ecosistemas más característicos de la costa del País Vasco.

El estudio encargado por el Departamento de Desarrollo del Medio Rural de la Diputación Foral de Guipúzcoa a Terranova ha tenido por objetivo definir tanto la geometría y los parámetros hidráulicos del acuífero de Iñurritza, como el esquema de funcionamiento hidrológico del sistema regata-humedal-acuífero.

### *Especialistas*

Como ingeniería y consultoría especializada en medio ambiente, en relación con el agua Terranova ofrece servicios de asesoramiento y consultoría técnico-legal; captación de aguas subterráneas; drenaje en obra civil y minería; vertidos; calidad y contaminación de las aguas; aguas minerales y balnearios; patrimonio hídrico; actuaciones de emergencia; procedimientos y tramitaciones administrativas; e hidrogeología, entre otros. Abarca, además, un amplio espectro que cubre desde la asesoría específica a pequeña escala hasta la consultoría integral para proyectos complejos e instalaciones llave en mano.

### *Funcionamiento hídrico*

Los trabajos realizados por Terranova en este área han incluido el inventario de los puntos de agua, la cartografía hidrogeológica de la superficie, la tomografía eléctrica, los sondeos de investigación, los ensayos de bombeo, la hidroquímica y la definición del funcionamiento hidrológico-hidrogeológico.

Todos estos aspectos han sido recopilados en un informe final en el que también se han incluido una serie de reco-

mendaciones y las conclusiones generales del estudio llevado a cabo que ha permitido definir el funcionamiento hídrico del área.

Así, tal como han certificado los técnicos de Terranova el estuario de Iñurritza está situado sobre un acuífero arenoso directamente conectado con el mar. En algunas zonas se encuentra cubierto por arcillas y limos de baja permeabilidad, lugar donde se asienta la vegetación existente en la marisma y donde también se desarrollan charcas que desaguan en el cauce principal del Iñurritza.

Dentro de las áreas más arenosas no se observa encharcamiento dada su mayor permeabilidad.

### *Agua estratificada*

El acuífero presenta una estratificación de aguas debido a la intrusión marina en el mismo: el agua dulce permanece en la zona superior y la salada en la inferior. Esto responde al esquema habitual de los acuíferos costeros en el que el flujo de agua subterránea dulce se dirige hacia el mar y por debajo de éste existe una cuña de intrusión de agua salina. Según se profundiza en el acuífero arenoso se puede observar como en Iñurritza se produce una transición de agua dulce a salobre y, de ésta, a salada.

La desconexión hidráulica vertical entre las aguas de las arcillas y limos y las del acuífero arenoso inferior se ve reflejada también en la hidroquímica, lo que apunta a un origen diferente. En los sondeos practicados por Terranova, la salinidad ha sido muy superior en las aguas asociadas a arcillas y limos que en las de las arenas y el cauce principal del Iñurritza.

Según el equipo de esta ingeniería medioambiental, la salinidad de la marisma puede deberse a varios factores como: la acción esporádica y repetida de las mareas vivas con las que se inunda la zona de limos; la transmisión atmosférica del agua salada del mar por medio de las brisas marinas; la evaporación y el efecto que ejerce la vegetación en la zona de arcillas reconcentrando más el agua; y la baja permeabilidad de estas zonas que favorecen la retención de los líquidos y el lento lavado de la salinidad acumulada.

### *Recomendaciones*

Terranova ha incluido algunas recomendaciones en su informe final de cara a la integración en los planes de recuperación del área y para el control hidrogeológico de la misma.

Entre ellas se encuentra la instalación de elementos de verificación del nivel del río Iñurritza en diferentes puntos, la realización de nuevos reconocimientos y mediciones directas coincidiendo con las pleamareas vivas, y el control del nivel y la conductividad de las aguas de los sondeos.

# Sistema de Información Territorial Municipal e Intermunicipal -SITMI- en Guatemala

Poyatos Benadero, M. & Girón, W. - Asistencia Técnica Interna cional -Programa Municipios Democráticos

## Resumen.

El Programa Municipios Democráticos, iniciativa de la U.E. y el Gobierno de Guatemala, es la estrategia más importante, desde la firma de los Acuerdos de Paz, en torno al Fortalecimiento Institucional, específicamente en el ámbito municipal.

En este contexto, la definición de un Sistema de Planificación Territorial, que conceda el protagonismo a las entidades locales guatemaltecas, junto con un Sistema de Información Territorial que consiga ser un reflejo de la realidad territorial siempre cambiante y dinámica (Guimet, 1991), se convierte en una de las líneas de trabajo más destacadas.

**Palabras clave:** República de Guatemala, SITMI, Planificación Territorial, Software Libre, Fortalecimiento Municipal.

## 1. Introducción.

Los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en los últimos tiempos en herramientas fundamentales para las instituciones públicas que basan su funcionamiento en información del territorio de una o varias temáticas de forma integral.

La municipalidad, entendida como la institución de gobierno más cercana al ciudadano, es responsable de la Planificación Estratégica del Territorio que encamine al desarrollo dentro de su ámbito local (Congreso de la República, 2002). Por otra parte, debe ser entendida como una de las principales fuentes y usuaria de información espacial dentro del sistema estadístico nacional, además de tener las competencias en la gestión y administración de servicios públicos (agua y alcantarillado, transporte público, entre otros).

La aplicación de herramientas SIG es una necesidad en la gestión municipal, que podrá ser utilizada de diferente forma y en cada nivel de la institución, tanto para el apoyo a requerimientos de información en el nivel más operativo, como para la toma de decisiones por parte de las autoridades.

Bajo este contexto, se presenta un conjunto de metodologías desarrolladas en el ámbito del Programa Municipios Democráticos encaminadas específicamente al diseño e implementación de un Sistema de Información vinculado a la toma de decisiones en el territorio, denominado Sistema de Información Territorial Municipal e Intermunicipal, SITMI de aquí en adelante.

Cabe destacar que el eje fundamental de desarrollo e implementación del SITMI ha girado en torno al uso y desarrollo de software de código abierto, GvSig, iniciativa de la Conselleria de Infraestructuras y Transporte, de la Generalitat Valenciana.

## 2. Programa Municipios Democráticos: Componente de Planificación Municipal e Intermunicipal.

El objetivo general del Programa Municipios Democráticos es: *"Contribuir al desarrollo de los procesos iniciados por el estado y la sociedad Guatemalteca en materia de democratización y convivencia política en una nación multiétnica y pluricultural, principalmente en lo que se refiere a la organización y el funcionamiento de las instituciones, a su reforzamiento y modernización, desde una perspectiva de gestión territorial descentralizada"*.

Para la consecución de este objetivo general, se definen una serie de componentes que conforman las áreas estratégicas de intervención del Programa Municipios Democráticos:

- √ Componente N° 1: Logro de una visión compartida de Descentralización.
- √ Componente N° 2: Marco Normativo y Jurídico para mejorar la gestión municipal y territorial del Estado
- √ Componente N° 3: Apoyo a los partidos políticos en promover la Descentralización y el Fortalecimiento Municipal
- √ Componente N° 4: Participación Ciudadana y Social de las mujeres y los jóvenes
- √ Componente N° 5: Planificación Municipal e Intermunicipal
- √ Componente N° 6: Formación y Capacitación en la gestión municipal e intermunicipal
- √ Componente N° 7: Fortalecimiento de ANAM, AGAAI y ASMUGOM
- √ Componente N° 8: Participación indígena en la gestión municipal
- √ Componente No 9: Mejorar la gestión municipal y territorial del Estado en temas ambientales
- √ Componente N° 10: Fortalecimiento y seguimiento de las capacidades institucionales en la gestión municipal e intermunicipal y en sus entidades asociativas nacionales
- √ Componente N° 11 : Integración de Jóvenes Universitarios a la gestión pública municipal del territorio

Concretamente, el SITMI se diseñó e implementó en el marco específico del Componente No 5: Planificación Municipal e Intermunicipal, a partir del cual, se propone, *Contribuir a impulsar el fortalecimiento del Sistema de Planificación en el territorio, y Fortalecer la capacidad municipal e intermunicipal de elaborar y realizar planes de desarrollo local que articulen las prioridades políti-*

cas, privadas y sociales e integren los ejes transversales. (Programa Municipios Democráticos, 2007)

El SITMI, debe ser entendido como una herramienta en la implementación de procesos de Planificación Estratégica Territorial, basándose en la estandarización de las propuestas existentes en el país, así como la Información Geográfica que contienen cada una de ellas.



Figura 1. Componentes del SITMI Elaboración propia.

### 3. Sistema de Información Territorial Municipal e Intermunicipal, SITMI.

El SITMI apunta al fortalecimiento de los gobiernos locales en la línea específica de la Planificación Estratégica Territorial, aportando una visión integral de la extensión municipal a través de información social, cultural, económica y ambiental. Dicha información, es la base fundamental durante los procesos de planificación y toma de decisiones en el territorio en el marco de las metodologías elaboradas en coordinación con la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN, rectora de la Planificación Territorial en Guatemala.

El Sistema de Información se retro alimenta del Sistema de Planificación Territorial, y a la inversa. El primero ofrece

los insumos básicos para iniciar cualquier proceso relacionado con la toma de decisiones en el territorio, en forma de mapa base y cartografías temáticas. Posteriormente la recopilación de la información que se desprende del proceso de planificación, permite un análisis espacial entre las diferentes bases de datos espaciales que conforman el SITMI.

El SITMI se nutre principalmente de información oficial obtenida de cada uno de los productores de información geográfica del país (INE, IGN, entre otros). Sus cuatro componentes (Figura 1) se estructuran y articulan para proveer la información requerida en las metodologías de Planificación Estratégica Territorial.

Específicamente, cada uno de sus componentes está diseñado para cumplir diferentes funciones que se interrelacionan, como se explica a continuación.

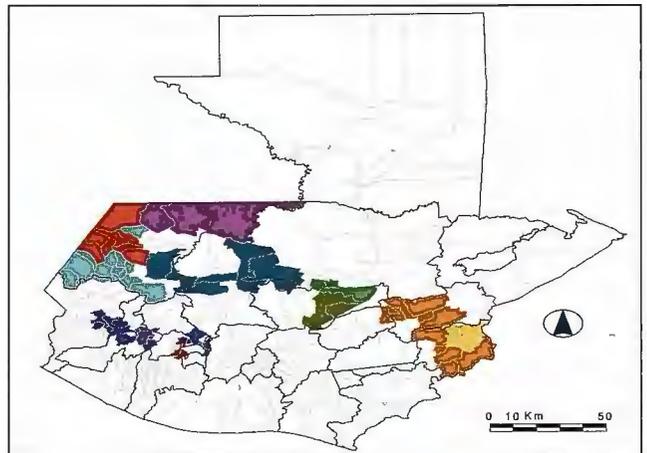


Figura 3. Municipios con SITMI implementado. Elaboración Propia.

#### 3.1. Elaboración Planes Estratégicos Territoriales/Planes Desarrollo Municipal.

La anteriormente citada retro alimentación entre Información y Planificación puede aportar no solo una visión actual, si no también la tendencia observada y los escenarios futuros acerca de los recursos naturales, vocación del territorio, limitaciones, ventajas, etc. que apoyan en su conjunto la elaboración y seguimiento de estrategias para el desarrollo de los territorios.

Uno de los principales objetivos de los productos generados en la elaboración de documentos de Planificación Territorial Estratégica es el diseño del Modelo de Desarrollo Territorial Actual y Futuro.

El Modelo de Desarrollo Territorial Actual -MDTA-, es una visión de síntesis de la situación integral del municipio en el punto inicial del proceso de planificación. Se construye a partir de la caracterización y el análisis diagnóstico territorial, teniendo en cuenta las diversas variables y elementos que conforman el sistema territorial y socio-productivo, haciendo evidentes las dinámicas y problemáticas entre los elementos que componen el territorio.

El Modelo de Desarrollo Territorial Futuro -MDTF- presenta los objetivos a conseguir a través de la implementación del PETM. (Aldrey, 2008).

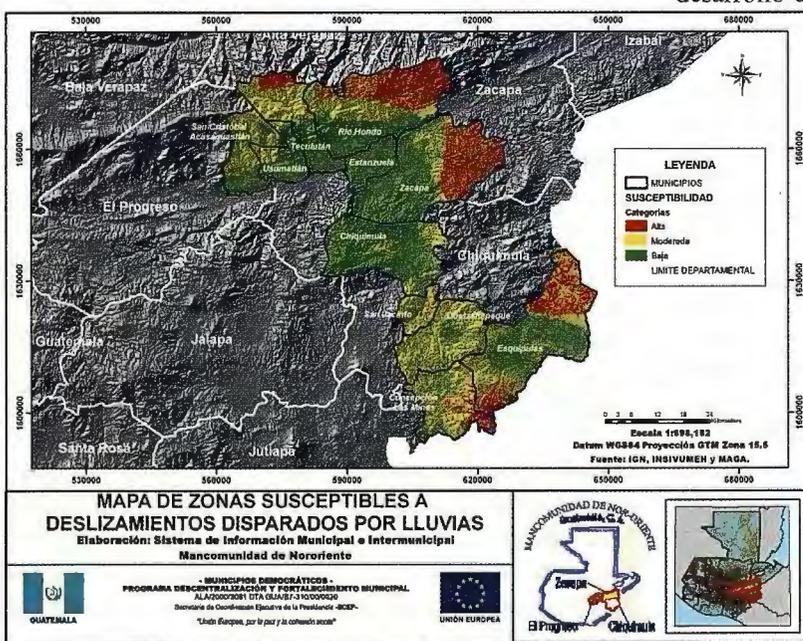


Figura 2. Cartografía zonas susceptibles a deslizamientos. Programa Municipios Democráticos.

### 3.2. Sistema de clasificación de indicadores de Gestión Municipal y Territorial.

El estado presente y futuro del territorio requiere de su representación por medio de un estándar de indicadores compatible con la escala municipal y las metodologías de Planificación Territorial. De esta forma el SITMI se presenta como una herramienta de control y seguimiento a las Estrategias Territoriales formuladas.

Los datos que alimentan a cada uno de los indicadores, en su mayoría son generados por las instituciones rectoras en la elaboración de información geográfica.

El Sistema de Clasificación de Indicadores se estructura en dos grupos, el primero para medir y evaluar la Gestión Municipal, mientras que el segundo se orienta a la evaluación y caracterización territorial.

Los indicadores propuestos para cada uno de los grupos parten de propuestas existentes y los formulados por la ONU en el marco de las Metas del Milenio. (SEGEPLAN, 2005). Además, de incorporar otras variables relacionadas con otros sistemas de información gubernamental, tales como: SIAF-MUNI, Contraloría de Cuentas y el Sistema Nacional de Estadística Pública, INFOM, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, así como otros sistemas de indicadores promovidos por organizaciones de cooperación, como el Banco Interamericano de Desarrollo, USAID, GTZ, DANIDA y AECID.

La línea basal de indicadores constituye por si misma una propuesta de estandarización de productos finales para una correcta comprensión y análisis que busca a su vez fomentar el uso y manejo de Información Geográfica a través del SITMI.

### 3.3. Gestión Recursos Naturales y Riesgos.

Siendo una de las principales causas de Riesgos Naturales el fenómeno en temporada invernal, el cual genera eventos como inundaciones o deslaves, el SITMI incorpora una metodología que implementa funciones de análisis espacial propias de los SIG, con el fin de determinar áreas o zonas susceptibles a deslizamientos transaccionales provocados por lluvias de gran intensidad. El álgebra de mapas de variables que describen la composición y características del territorio junto con datos referentes a los regímenes de precipitaciones en diferentes periodos de tiempo, tiene como resultado diferentes escenarios que permiten evaluar el nivel de riesgo a deslaves específicamente. (Mora Vahrson, 1991).

El principal resultado en la aplicación de esta metodología es la zonificación de áreas susceptibles a deslizamientos con énfasis en las zonas de inicio. (Figura 2)

En cuanto a la medición de la vulnerabilidad de la población se toma como base información de tipo social, como el Índice de desarrollo Humano -IDH- del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, el Índice de Pobreza -SEGEPLAN- y el Índice de Seguridad Alimentaria propuesto por el Programa Mundial de Alimentos -PMA-.

El uso ideal de esta zonificación del territorio, debería vincularse a la elaboración de Planes estratégicos Territoriales, licencias y códigos de construcción y guías y manuales de información pública.

### 3.4. Gestión Catastral Municipal.

Las leyes de Descentralización han convertido a la municipalidad como el principal actor de la gestión territorial. La información catastral, debido al nivel de detalle que implica, tanto en geometría como en temática, es considerada como la principal base de referencia en el Ordenamiento Territorial.

El empoderamiento reflejado en una municipalidad con información catastral eficiente, se refleja en un mayor control fiscal y amplio conocimiento de su territorio. Este hecho no solo se constata en la certeza jurídica de la propiedad, sino también en las características socio-económicas y de otra índole que posee cada predio o parcela.

El SITMI responde a esta necesidad ofreciendo la metodología para crear una Base Inmobiliaria Georreferenciada conforme a los requerimientos que en temas catastrales dicta el código municipal que permite establecer Planes de Ordenamiento Territorial y el cobro del Impuestos Único Sobre Inmuebles -IUSI-.

### 4. Estrategia de Intervención.

Tanto el diseño, como la implementación y seguimiento de la estrategia de intervención se enmarca en una ejecución facilitadora e incentivadora de procesos de fortalecimiento institucional del sector público local.

La sostenibilidad de los procesos que se inician, es el gran reto al cuál se enfrenta el Componente de Planificación Municipal e Intermunicipal del Programa Municipios Democráticos. Este hecho es atribuible, en general, a todos los procesos iniciados desde las diferentes instituciones y propuestas del sector de la Cooperación Internacional. De esta forma, la sostenibilidad se convierte en un criterio fundamental, y por tanto, el abordaje de los resultados esperados, debe incorporar este gran reto, y plasmarse en el SITMI, tanto a nivel conceptual, como a nivel operativo.

En el año 2006, se realizó un documento denominado *Caracterización de la Información Geográfica en Guatemala* (Camargo, 2006). Las principales conclusiones fueron, por orden de importancia:

1. Falta cultura SIG en los tomadores de decisiones.
2. Escasa capacitación en SIG.
3. Poca Coordinación Interinstitucional.
4. Errores en datos básicos y/o escala inadecuada.
5. Dificultad de acceso a los datos de otras instituciones.
6. Subutilización de los SIG en Cartografía.
7. Existen entre instituciones celos sobre los datos.
8. Estado de desarrollo básico.

Bajo este contexto, el primer paso, consistió en realizar un exhaustivo análisis y comprensión de las capacidades institucionales, actuales y potenciales, con el objetivo de vincular el conocimiento de la realidad a la propuesta de actuación.

Respecto al papel de las Instituciones de gobierno, se consideran como piezas clave para la mencionada sostenibilidad. Por un lado, las acciones deben de ajustarse a la realidad de las Instituciones beneficiarias. Por otra parte, las Instituciones deben de participar en todo el proceso, tanto en el momento de diseño, como en la identificación de los objetivos y resultados esperados, así como en la estrategia para conseguirlos. La apropiación de los procesos que se inicien o fortalezcan bajo ese componente Insti-

tucional, se convierten en el primer paso hacia la Sostenibilidad, evitando acciones puntuales y aisladas, tan frecuentes en este sector, y que se traducen en debilitamiento Institucional, y en la creación de estructuras paralelas.

Una vez los esfuerzos se direccionan hacia la Institucionalidad, los esfuerzos deben orientarse hacia el fortalecimiento de la cooperación y colaboración interinstitucional. Esta situación se hace mucho más relevante, si cabe, en la elaboración y manejo de Información Geográfica, donde la descoordinación y recelo entre Instituciones, desemboca en duplicidad de recursos. Desde el Componente de Planificación Municipal e Intermunicipal, se realizó un gran esfuerzo en torno a la coordinación de propuestas por parte de las Instituciones que manejan Información Geográfica, además de Agencias de Cooperación Internacional relevantes.

En este sentido, una de las experiencias más exitosas consistió en el Diseño Curricular y Facilitación de Diplomados Universitarios en SIG y Ordenamiento Territorial. Conjuntamente con las Instituciones de Gobierno (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Registro de Información Catastral, Ministerio de Agricultura y Ganadería, etc.), Agencias de Cooperación Internacional (AECID, Mercy Corps, USAID, etc.) y Universidades Públicas y Privadas (Universidad Rafael Landívar, Universidad de San Carlos, Universidad del Valle, Centro Universitario Occidente y Oriente, etc.). Se capacitó a más de 250 técnicos municipales de más de 100 municipalidades en aspectos relacionados con Cartografía, Sistemas de Información Geográfica (GvSig), Ordenamiento Territorial, Gestión de Riesgos Naturales, Gestión Catastral Municipal, etc. Además, se fomentó la participación de las autoridades locales, alcaldes, representantes departamentales de diferentes instituciones.

Por último, como elemento fundamental en el SITMI, se optó por el uso de software libre. A continuación se citan algunas de las ventajas que acompañan esta decisión, y que ayudan a minimizar la resistencia al cambio que esta alternativa representa:

Respecto al coste frente al software propietario, son evidentes las ventajas que supone disponer de un Sistema de Información Geográfica que satisfaga las necesidades de los usuarios, en este caso, los técnicos de las municipalidades, a un coste cero. En el caso del SITMI, esa disminución de costes, supuso la disponibilidad de ampliar el ámbito de actuación, puesto que se transformaron recursos inicialmente proyectados a la compra de licencias de software cerrado, hacia actividades de capacitación y posibilidad de contratación de un mayor número de técnicos locales.

Las Instituciones Locales de Guatemala se caracterizan por una gran debilidad que se traduce en una baja cualificación de sus técnicos. En este sentido, el poder disponer de una herramienta SIG que permita ser modificada, además de ser fácilmente instalable. De esta forma, se produce una adaptación a la realidad de la municipalidad en Guatemala, fundamentalmente vinculada a procesos de empoderamiento y sostenibilidad. Un ejemplo es la traducción a lenguas minoritarias (Quiché, Mam, Chortí, etc.) alejadas de toda justificación comercial.

Necesariamente, y cada vez en mayor proporción, debe de existir una mayor relación entre software libre y proyectos de cooperación específicamente. Elementos como el Desarrollo Local o Endógeno -proveedores locales frente a distribuidores-, libertad de elección, transferencia de conocimiento y tecnología, apertura en el uso de estándares, etc. deben de ser incluidos en la formulación de los proyectos cuyo objetivo es reducir la brecha entre países mas o menos desarrollados.

## **5. Resultados.**

El SITMI se presenta como una alternativa que cubre la necesidad de fijar estándares tanto en datos como en metodologías y representación de la información, en un momento donde los municipios de Guatemala tienen la necesidad de manejo de información enfocada a la implementación de metodologías de Planificación Territorial.

El SITMI ha posibilitado el acceso de la Información Geográfica a la escala local. Más de 85 municipios y 13 Mancomunidades cuentan con Información Geográfica que ya existía, y que estaba infrautilizada. Además, se integra en una misma plataforma las bases de datos caracterizadas anteriormente por su dispersión.

Se han elaborado 60 Planes Estratégicos Territoriales Municipales, además de 13 Planes Estratégicos Territoriales Mancomunados, donde la Información Geográfica, y su gestión a partir del uso del SITMI, se inserta en los procesos de Planificación Territorial.

La estructura de cada uno de sus componentes permite el análisis integral de la información enfocada siempre a la toma de decisiones durante el proceso de Planificación Territorial. Integra Módulos de Gestión de Riesgo, Gestión Catastral Municipal, Indicadores de Gestión Municipal y Territoriales, adaptándose a las necesidades de la municipalidad. Su enfoque multiescalar permite la consulta de datos desde el nivel departamental hasta el lugar poblado o comunidad.

La implementación del SITMI se ha basado en la Asistencia Técnica y capacitación para la institucionalización de las Oficinas Municipales de Planificación. Más de 250 técnicos de Oficinas Municipales de Planificación se han capacitado en el uso y manejo de Información Geográfica a través del SITMI.

El SITMI está basado en software libre, fundamentado en la simplificación en su manejo, adaptado a la realidad de las Oficinas Municipales de Planificación.

Por último, se facilita la actualización de la información espacial de los grandes productores institucionales de Información Geográfica del país desde el espacio local.

## **6. Observaciones y retos.**

Actualmente Guatemala presenta un escenario entorno a los SIG muy evolucionado en comparación con el año 2006. Tanto los aportes del Programa Municipios Democráticos, como los esfuerzos de las Universidades e Instituciones Públicas, han generado un capital de trabajo representado en información geográfica, personal formado y sistemas instalados en funcionamiento, que significan en su conjunto mejores medios para la gestión pública.

Sin embargo, se debe reconocer que existen dificultades en elementos críticos, todavía difíciles de manejar, para garantizar la sostenibilidad de estas herramientas.

Una de estas dificultades se presenta en la inestabilidad laboral del personal técnico. Las causas son ajenas a los propios SIG (por ejemplo la lógica del mercado laboral o inestabilidad postelectoral). Aunque las universidades son proveedoras de personal formado en SIG, todavía es insuficiente la cantidad de técnicos calificados que se requiere para masificar el uso de estas herramientas, razón por la que esfuerzos como los realizados por el Programa Municipios Democráticos buscan complementar el conocimiento y las habilidades de los técnicos que se encuentran en las Instituciones Públicas por medio de capacitación bajo los proyectos que se ejecutan.

Por otra parte, es necesario fortalecer el sentido *público* que caracteriza a la información que manejan las instituciones de gobierno (Central y Local). Fundamentalmente, en que los datos deberían ser compartidos y divulgados sin mayores restricciones salvo las que considere cada institución para garantizar la seguridad, sostenibilidad y calidad de los datos. La Información Geográfica es costosa en su elaboración y valiosa en su utilización, sentimientos de propiedad y celos sobre los datos afectan definitivamente la velocidad que debería tener la evolución de los SIG en Guatemala.

Los acuerdos con las autoridades locales realizados como estrategia para la implementación del SITMI en las comunidades y municipalidades son un punto a favor que representa el respaldo institucional para garantizar el éxito en la implementación y uso del SITMI.

Hasta hace poco, los principales generadores de datos geográficos eran los únicos capaces en generar este tipo de información. Debido a su capacidad y a sus propios objetivos, los datos generados, en su mayoría de carácter nacional, no siempre se ajustan a las necesidades locales. Teniendo en cuenta lo anterior, es urgente incorporar a los municipios en los equipos multidisciplinarios que hoy trabajan en la propuesta de Infraestructura de Datos Espaciales en Guatemala. El alcance que ha tenido el SITMI es argumento suficiente para involucrar las necesidades y soluciones de los municipios entorno a los datos espaciales. En definitiva, los datos que puede generar ahora un municipio familiarizado con los SIG, deberían guardar una estructura capaz de integrarse con otras, el no consenso de las mismas provoca desorden y dificultad en la futura integración y uso de la información por terceros.

## 7. Referencias bibliográficas.

- Aldrey, J.A. Rodríguez, R. (2008), Planificación Municipal en Guatemala. Metodología para el componente de ordenación territorial. IDEGA (Instituto de Estudios e Desenvolvimento de Galicia). Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Guatemala.
- Camargo, L. (2006), Caracterización sistemas de información geográfica en Guatemala, Programa Municipios Democráticos, Guatemala.
- Congreso de la República de Guatemala, (2002), Código Municipal Guatemala. Guatemala.
- Guimet, J. Ros A. Sanz, L. (1991), Manual del Alcalde. Banco de Crédito Local. Madrid.
- Mora, S., W. Vahrson (1991), "Determinación a priori de la Amenaza de Deslizamientos sobre grandes áreas, utilizando Indicadores Morfodinámicos", en *Memoria sobre el primer simposio internacional sobre sensores remotos, sistemas de información Geográfica (SIG), para estudios de Riesgos naturales*, Alzate, J.B., Bogotá, 259-273.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. (2006), Hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en Guatemala. Guatemala.
- Végt, M. (2001), Evaluating GIS in local government in developing countries. The Geospatial Resource Portal. <http://www.gisdevelopment.net/thesis/thesis1/index.htm> fecha de consulta: enero 2008, fecha actualización sitio web: octubre 2008.
- Sistema de Información Territorial Municipal e Intermunicipal -SITMI-

# Noticias

## Toda la información geográfica de Roses al alcance del ciudadano

El Ayuntamiento de Roses acaba de poner en funcionamiento a través de la web municipal [www.roses.cat](http://www.roses.cat), un nuevo espacio de interacción con la ciudadanía llamado Geoportal, a partir de la cual se ofrece el acceso a un importante número de datos territoriales, información y servicios cartográficos de Roses.

El Geoportal es una herramienta vía internet, totalmente libre y gratuita, y que funciona sin que sea necesario instalarse ningún software.

Este servicio es muy potente y útil, tanto para la ciudadanía, como para los profesionales que trabajen con la información territorial, ya que concentra toda esta información en un único espacio.

Las funcionalidades son muy grandes, ya que se han tenido en cuenta las necesidades manifestadas por los propios usuarios, detectadas a través de diferentes encuestas realizadas.

Así pues, a partir de ahora, ya no es necesario desplazarse a la administración ni esperar para consultar la información urbanística vigente, la ordenación que afecta a cada parcela, tener acceso y poder imprimir la información topográfica a diferentes escalas ( desde 1:1.000 a 1:50.000), etc.

El Geoportal de Roses permite también visualizar fotografías aéreas, la consulta de la información turística de la ciudad, ver las fotografías de las fachadas de los edificios de Roses o acceder a toda la información a través del Google Earth.

Se trata, en estos momentos, del geoportal municipal más innovador del estado, tanto respecto a la facilidad para acceder a la información como por el tipo de información que se puede consultar y descargar.

Esta iniciativa se añade a la política de modernización de la gestión municipal de Roses y, al mismo tiempo, facilita el acceso a la información de los ciudadanos utilizando las nuevas tecnologías.

Además, se trata de una plataforma de difusión y trabajo en la red que estará en constante evolución, ya que sus contenidos y servicios se ampliarán continuamente y donde los usuarios pueden contactar directamente para proponer mejoras o la inclusión de más información, convirtiéndose en una gran herramienta colaborativa.

# EXPERIENCIA PILOTO PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LOCALIDADES CON CARACTERÍSTICAS URBANAS Y SEMI URBANAS. CASO DE ESTUDIO EN CIUDAD DE LA HABANA, CUBA.

MSc. Goicochea Cardoso, Odalys C. - MSc. Juan N. Herrera Cruz - MSc. Elida R. Labañino

Delegación provincial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en Ciudad de La Habana. Cuba

## RESUMEN:

Hoy en día, la producción y disposición de grandes cantidades de residuos sólidos es un problema que incide en las ciudades. Abordar esta situación en los centros urbanizados, significa poner en marcha un manejo integral de los residuos sólidos urbanos (RSU) considerando las características particulares de cada territorio y su contexto económico-social. El presente trabajo muestra los resultados de la experiencia piloto desarrollada en las comunidades de Peñas Altas y Campo Florido con características urbanas y semiurbanas, respectivamente. En esta experiencia se interrelacionan los elementos funcionales del manejo de RSU como son: 1) Separación en Origen, 2) Recogida Selectiva y 3) Compostaje, empleándose un componente de naturaleza transversal dirigido a la Sensibilización y Educación Ambiental de los pobladores de las comunidades antes mencionadas. Los objetivos del trabajo se concentraron en, analizar el comportamiento de los elementos funcionales implementados en cada una de las comunidades y valorar el proceso de sensibilización en ellas, antes y después de la implementación. Se concluye que el comportamiento de los elementos funcionales de Separación en Origen y Recogida Selectiva no fue satisfactoria, contrario a lo que sucedió con el Compostaje. El proceso de Sensibilización y Educación Ambiental contribuyó al incremento del Nivel de Comprensión y la Voluntad de Colaborar de los pobladores de las comunidades. La experiencia piloto desarrollada en las comunidades de Peñas Altas y Campo Florido sirven de modelo a un proyecto de mayor escala que abarque centros urbanizados, como es el caso de la ciudad de La Habana.

**PALABRAS CLAVES:** residuos sólidos urbanos, elementos funcionales, manejo integral de residuos sólidos urbanos, medio ambiente

## ABSTRACT:

Nowadays, the production and disposition of amount quantities of solid wastes is a problem that affects in the cities. To assume this situation in the urbanized centres, it means start a integrated management of Municipal Solid Wastes (MSW) taking in account the specific characteristics of each territory and its economical social context. The present research shows the outputs of the experience developed in the communities of Peñas Altas and Campo Florido with urban and semi-urbans characteristics, respectively. Functional elements like 1) Source Segregation, 2) Selective Collection and 3) Composting were interlinked and transverse nature component directed the Awareness and Environmental Education was used with the residents of communities before mentioned.

The objectives of this paper are to analyse the behaviour of MSW's elements functional and to value the awareness process in each one of the communities. The conclusions shows that the behaviour of functional elements of Source Segregation and Selective Collection was not satisfactory, contrary to the happened with the Composting. The Awareness and Environmental Education process contributed to the increment of Understanding Level and Collaborating Will of residents in the communities. The pilot experience developed in the communities of Peñas Altas and Campo Florido could used as model to a large projects in the urbanized centres, like it is the case of Havana City.

**KEY WORDS:** municipal solid wastes (MSW), functional elements, MSW integrated management, environment

## I. INTRODUCCION

Llama la atención en las últimas décadas el incremento acelerado de los residuos sólidos urbanos (RSU) en las ciudades dado por el aumento de la población y el desarrollo industrial lo que contribuye a propiciar una difícil problemática ambiental que se extiende a nivel global.

Cerca de la mitad de la población del mundo (47 por ciento) vive en zonas urbanas, cifra que, según se estima, crecerá en un 2 por ciento anual en el periodo comprendido entre los años 2000 y 2015 (United Nations Population División, 2001). La concentración de personas, sus pautas de consumo, sus tipos de desplazamientos y las actividades económicas urbanas, ejercen efectos de consideración en el medio ambiente en lo relativo al consumo de recursos y a la descarga de desechos (PNUMA, 2002).

Hoy en día, la producción y disposición de grandes cantidades de residuos incide sobre la conservación de los recursos naturales y demanda primeramente, la reducción en el aumento de los residuos generados; por ejemplo, la minimización o reducción de los residuos y en segundo lugar, encontrar vías para el reciclaje de materiales de energía proveniente de los residuos para que de esta forma sean usados una vez más.

Cuba no esta exenta de la problemática relacionada con los RSU y de hecho, constituye uno de los principales desafíos para la gestión ambiental en el país. Aunque, en el interior del país los problemas con los RSU no suelen ser acuciantes ya que la generación es relativamente baja y

la composición de casi la totalidad de los residuos es de naturaleza orgánica en los centros urbanizados, principalmente la Ciudad de La Habana, donde a la problemática antes descrita se suman los problemas acumulados por la crisis económica de los noventa y las dificultades para definir el emplazamiento de nuevos sitios de disposición final con vistas a reemplazar a los actuales a medida que concluyen su vida útil, lo que ha complejizado la adopción de decisiones estratégicas para el mediano y largo plazo en el manejo de los RSU. El volumen de RSU se ha elevado a 2300 toneladas diarias y el índice de generación se comporta en un 0.7 kg/hab/día, el cual podría ser mayor en determinados municipios de la provincia. También se adiciona como aspecto a considerar, la transformación progresiva de los patrones de consumo haciéndose cada vez más grandes las cantidades de plástico, aluminio, papel y cartón que son desechadas y llevadas a los sitios de disposición final con un bajo aprovechamiento económico de estos materiales conllevando a la disminución del tiempo de vida útil de los vertederos.

El inadecuado manejo de los RSU en la capital ha propiciado el surgimiento de diferentes efectos negativos al medio y riesgos a la salud humana. La participación de la población y la sensibilización que la misma requiere es vital para mitigar y/o eliminar los problemas en el manejo de los RSU. Sin embargo, las diferencias de la realidad física, las características socioeconómicas y las diferencias geográficas que se dan en la ciudad de La Habana ha hecho necesario buscar áreas que se conviertan en laboratorios donde se experimenten en un determinado periodo de tiempo y contribuyan a probar la efectividad de la puesta en práctica de los elementos funcionales del manejo; de manera tal que puedan interrelacionarse armónicamente en un sistema de manejo integrado de RSU.

Esta situación que se presenta por el manejo inadecuado de los residuos sólidos ha hecho que se propongan y comiencen a aplicarse alternativas en el camino de lograr un sistema de manejo integral de los RSU en la Ciudad de La Habana. Entre las acciones más recientes desarrolladas en este sentido se destaca que la Ciudad de La Habana posee un Plan Maestro para el Manejo Integral de los RSU, el que se elaboró con los sectores de la provincia vinculado a este problema ambiental - Dirección Provincial de Servicios Comunes, las delegaciones provinciales del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y del Instituto Nacional de los Recursos Hidráulicos, la Dirección Provincial de Planificación Física, entre otros - y un grupo de expertos de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA según sus siglas en inglés).

Este marco fue propicio para desarrollar experiencias piloto como vía para demostrar la eficacia de las alternativas recomendadas en el Plan Maestro. Se concibió la realización de una experiencia piloto donde se interrelacionarán los elementos funcionales del manejo de los RSU como: 1) Separación en Origen, 2) Recogida Selectiva y 3) Compostaje Doméstico y Comunitario.

Se empleó un componente de naturaleza transversal, la Sensibilización y Educación Ambiental, como herramienta indispensable para lograr la cooperación de todos los actores de las comunidades seleccionadas para la ejecución de la experiencia y por consiguiente, alcanzar su

exitosa implementación. Este componente abarcó además, los aspectos vinculados a otros dos elementos funcionales del manejo de los RSU: Reciclaje y Disposición Final. Se persiguieron como propósitos fundamentales, capacitar al personal involucrado en la operación e implementación, concienciar a los residentes en esta problemática y que esta experiencia sirviera de base para desarrollarla a mayor escala en otras áreas de la Ciudad de La Habana. En este sentido el presente trabajo tiene como Objetivos:

1. Analizar el comportamiento de los elementos funcionales implementados en cada una de las comunidades seleccionadas a través de los resultados de los monitoreos realizados.
2. Valorar el proceso de sensibilización llevado a cabo con la población de las comunidades seleccionadas antes y después de la implementación de la experiencia piloto.

## **II. MATERIALES Y METODOS EMPLEADOS**

### **2.1 MATERIALES Y METODOS PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES IMPLEMENTADOS EN LAS COMUNIDADES.**

Con el fin de establecer la experiencia mencionada, se realizó un análisis de las potencialidades y características principales del área que ocupan las comunidades de Peñas Altas y del Consejo Popular Campo Florido en el municipio Habana del Este, que entre las dos cuentan con una población de 19 000 habitantes. Una característica importante en su selección lo constituyó el hecho de ubicarse en la periferia de la ciudad lo que permitió contar con el elemento funcional de Disposición Final para el proceso de Sensibilización y Educación Ambiental debido a que en este territorio se ubica el Vertedero de Periodo Especial que surgió unido a otros vertederos denominados de esta forma en los momentos más difíciles de la crisis económica de los años noventa, se ubica dentro de la trama urbana muy próximo a la población. Actualmente, con el cierre definitivo del Vertedero Provincial de Guanabacoa al Este de la ciudad por el agotamiento de su vida útil y con la política expresada por el Gobierno provincial, las autoridades ambientales y de salud pública de clausurar todos los vertederos denominados de Periodo Especial, hubo de acondicionarse el Vertedero de Campo Florido para recibir una parte considerable de los residuos sólidos. Por otro lado, las características semi-urbanas de Peñas Altas y las rurales de Campo Florido aportaban un mosaico de situaciones que pueden darse comúnmente en la ciudad de La Habana.

En el caso de Peñas Altas se trabajó con las 2075 viviendas que integran esta comunidad lo que representa 8300 habitantes y con respecto a Campo Florido, se seleccionaron 40 viviendas.

Los pobladores de Peñas Altas participaron en los elementos de la separación en origen y recogida selectiva, para ello cada núcleo familiar debía clasificar sus RSU en tres categorías: 1) residuos de cocina, 2) materiales reciclables y 3) otros residuos. Posteriormente, verter los residuos segregados en los tres contenedores ubicados en los puntos planificados. Estos contenedores se identificaron con

pegatinas explicativas.

El estado de la separación en origen se evaluó a través de monitoreos periódicos en cada de uno de los puntos de vertimiento (contenedores). Estas evaluaciones se clasificaron desde A hasta E según el criterio de los observadores que conformó el grupo de especialistas (7), sobre la base de la proporción de residuos segregados correctamente en los contenedores. La puntuación se realizó según el siguiente criterio:

A	B	C	D	E
Superior al 90 %	80 – 89 %	70 – 79 %	60 – 69 %	menos del 59 %

Paralelamente, las 40 familias seleccionadas en Campo Florido para el elemento de compostaje doméstico recibieron sus correspondientes composteros. Este proceso de selección se efectuó previamente con los líderes de esta comunidad y privilegió a las viviendas que poseen patios y/o jardines, de manera que pudiesen utilizar el compost producido se empleara en estas áreas. A todas las familias previamente seleccionadas se le entregaron las indicaciones necesarias para llevar a cabo el compostaje doméstico. Además, se les solicitó a los residentes que realizaran el monitoreo y registro diario de varios aspectos del proceso, como por ejemplo: el volumen de residuos de cocina empleados en el compostaje y el nivel de olores desagradables.

## 2.2 MATERIALES Y METODOS PARA VALORAR EL PROCESO DE SENSIBILIZACION CON LOS POBLADORES DE AMBAS COMUNIDADES.

La gestión en la comunidad comenzó con la presentación de las ideas conceptuales al Gobierno Municipal de Habana del Este de la experiencia, el cual estuvo totalmente de acuerdo atendiendo a que en el territorio se identifica como un problema ambiental el inapropiado manejo de los RSU. Esto hizo que la experiencia se insertará conscientemente dentro de las líneas priorizadas de la política ambiental en el municipio.

Posteriormente, se procedió a la concertación con todos los actores vinculados con el tema tanto a nivel municipal como de consejo popular, lo que contribuyó a mejorar la organización de la intervención propuesta y a diseñarla de acuerdo a las características particulares del área. Además, al trabajar la experiencia a nivel local (consejo popular) se pudo integrar de manera efectiva la voluntad y cooperación de todos los actores que comparten intereses con relación al lugar donde viven y sus propias condiciones de vida.

Es importante señalar que el territorio en cuestión fue considerado como un actor fundamental para el desarrollo de la experiencia, no solo por el medio físico, sino por todos los actores sociales y sus organizaciones, las instituciones locales, la cultura y el patrimonio local, entre otros aspectos. Todos estos aspectos garantizan la sustentabilidad de la experiencia y es fundamental para determinar los responsables de monitorear y evaluar los resultados así como, medir los avances de su implementación.

El enfoque adaptado para el desarrollo de la gestión comunitaria fue principalmente de Planeamiento Comunitario pudiéndose delimitar las diferentes etapas en la experiencia: 1) Diagnostico y entrada a la comunidad, 2) Planificación, 3) Ejecución, 4) Monitoreo y 5) Evaluación.

Cabe destacar que para la primera fase se consideró el desarrollo de a participación de todos los residentes a través de una Participación interactiva donde los grupos locales identificados que se organizaron participaron en la formulación, implementación y evaluación de la experiencia piloto. Esto implicó que mediante talleres, reuniones, seminarios, barrios-debates se llevaran a cabo procesos de enseñanza-aprendizaje sistemáticos y estructurados de acuerdo a las cuestiones que surgían de la integración de los saberes populares con el conocimiento técnico existente sobre el manejo de los RSU y los objetivos de la experiencia. De forma progresiva los principales actores fueron tomando el control de las acciones de la experiencia y de las medidas correctivas que debían adoptarse.

Etapas del Proceso de Sensibilización:

1. Talleres de trabajo con la participación de los factores y residentes de la comunidades (inicio, mediados y post-implementación).
2. Talleres de intercambio con la participación de las jóvenes generaciones (estudiantes de la enseñanza primaria y secundaria junto a sus profesores).
3. Elaboración de materiales
  - Materiales instructivos (panfletos, sueltos, pegatinas, folletos, entre otros)
  - Materiales promocionales (pullover, calendarios, bo-lígrafos, entre otros)
4. Encuestas de percepción pre y post-implementación. Las actividades de sensibilización comenzaron tres (3) meses antes del comienzo de la experiencia y se mantuvieron hasta el final de la misma. Los resultados de las encuestas de percepción realizadas antes y después de la implementación de los elementos funcionales fueron evaluadas y se definió trabajar con un total de 180 muestras en ambas comunidades, con el propósito de evaluar los progresos en el nivel de sensibilización (comprensión) y en la voluntad de colaborar con el manejo de los RSU de los residentes del área seleccionada.

## III. RESULTADOS

### 3.1 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS FUNCIONALES IMPLEMENTADOS EN CADA UNA DE LAS COMUNIDADES.

#### 3.1.1 SEPARACIÓN EN ORIGEN Y RECOGIDA SELECTIVA EN LA COMUNIDAD DE PEÑAS ALTAS.

Los elementos funcionales llevados a cabo en la comunidad de Peñas Altas ( separación en origen y la recogida selectiva) no se realizaron con la calidad requerida debido a que el primer elemento funcional se realizaba incorrectamente en la mayoría de las viviendas. Los resultados deficientes se concentraron en la categoría de Materiales Reciclables.

Se identificó mediante la observación en el terreno y los testimonios dados por los residentes de esta comunidad durante las entrevistas los siguientes aspectos que incidían de forma negativa en la implementación de este elemento funcional:

- La inestabilidad en la recogida selectiva afectó debido a que los contenedores habilitados en cada punto se rebosaban y las personas depositaban los residuos en cualquiera de los tres contenedores que tuviese capacidad para el almacenamiento de los RSU, sin importar propiamente que

Categorías de residuos	Grado adecuado de recogida selectiva						Total
	A	B	C	D	E	Sin respuesta	
Residuos de cocina	6%	29%	19%	24%	21%	1%	100%
Materiales reciclables	0%	6%	14%	36%	44%	0%	100%
Otros	4%	24%	28%	22%	21%	1%	100%

TABLA 1: Resumen de la evaluaciones efectuadas en el elemento funcional de recogida selectiva en la Comunidad de Peñas Altas, Municipio Habana del Este.

tipo de residuo debía ser vertido.

- Las personas mostraron falta de motivación al cerciorarse que el elemento funcional de recogida selectiva se efectuaba incorrectamente. Por ejemplo, los residentes observaron como eran depositados en el mismo camión de recolección los tres tipos de contenedores a pesar de que se habían segregado correctamente estos residuos desde la vivienda.

### 3.1.2 COMPOSTAJE DOMÉSTICO EN EL CONSEJO POPULAR DE CAMPO FLORIDO.

La implementación del elemento funcional desarrollado en la comunidad de Campo Florido, el Compostaje Doméstico, se consideró de manera satisfactoria. Se reconoció la colaboración de los residentes locales en el compostaje doméstico. El monitoreo efectuado permitió conocer que la cantidad estimada de residuos empleados en esta actividad es de aproximadamente 1.2 kg/vivienda/día.

#### - UTILIZACIÓN DEL COMPOST PRODUCIDO

A juzgar por el olor, la humedad y el color del compost se supuso que la fermentación de los residuos de cocina se llevó a cabo apropiadamente. Se considera que la calidad de este compost es suficientemente buena para su empleo en la agricultura y la jardinería domésticas como acondicionador de suelos. De hecho, se observó que varios de los propietarios de las viviendas que cooperaron con la experiencia comenzaron a utilizar el compost producido.

#### - PERCEPCIÓN DE OLORES CAUSADOS POR EL COMPOSTAJE DOMÉSTICO

Existían preocupaciones con la generación de olores desagradables y la propagación de insectos asociada con el compostaje doméstico ya que ambas cuestiones podían afectar el nivel de colaboración de los residentes sin embargo, no se plantearon quejas significativas al respecto durante los monitoreos.

La Tabla 2 muestra el resumen del monitoreo de los olores generados durante el compostaje doméstico. De acuerdo con los resultados del monitoreo, menos del 10% de los residentes opinó que los olores generados durante el proceso de compostaje doméstico resultaban desagradables. Además, 17 de los propietarios de viviendas que llevaron un registro de los datos del monitoreo nunca percibieron olores desagradables. Por otro lado, tres propietarios plantearon que se sintieron olores desagradables en el 20% de los días que se realizó el monitoreo.

Para el caso del compostaje doméstico se identificaron varios aspectos, a través de la observación y los resultados de las entrevistas realizadas, que deben tenerse en cuenta en el momento de llevarlo a cabo:

- Las viviendas deberán contar con un área donde situar el compostero.

- El compostaje doméstico no es adecuado en viviendas que utilicen los residuos de cocina en la alimentación de animales domésticos como cerdos, aves, entre otros como es usual en este tipo de comunidad de la periferia de la ciudad.

	Proporción
- Olores desagradables	9%
- Un pequeño olor desagradable	58%
- Ningún olor desagradable	33%

TABLA 2: Resumen del monitoreo de la percepción de olores desagradables generados durante el compostaje doméstico.

### 3.2 VALORACION DEL PROCESO DE SENSIBILIZACION LLEVADO AACABO CON LA POBLACION DE LAS COMUNIDADES.

Los resultados de las encuestas elaboradas antes y después de la experiencia piloto se analizaron y compararon a fin de valorar los progresos en cuanto al nivel de comprensión y la Voluntad de Colaborar de los residentes en lo relacionado con el manejo de los RSU en su localidad.

Los elementos de Disposición Final (Vertedero) y Transformación de los RSU (Compostaje) muestran un bajo nivel tanto en el Nivel de Comprensión y la Voluntad de Colaborar. En el primer elemento funcional del manejo de los RSU que se menciona se vinculan estos bajos porcentajes a la mala imagen que proyectan estos lugares en la actualidad debido a su inadecuado manejo así como, los efectos dañinos a la salud humana y el medio ambiente. En paralelo, deben aumentarse la alternativa de desarrollar el principio de relleno sanitario en estos sitios para que disminuya esta negativa percepción. En el segundo elemento funcional, el bajo porcentaje se atribuye al desconocimiento de la técnica de compostaje para lograr la transformación de los RSU y propiciar un empleo útil de los mismos.

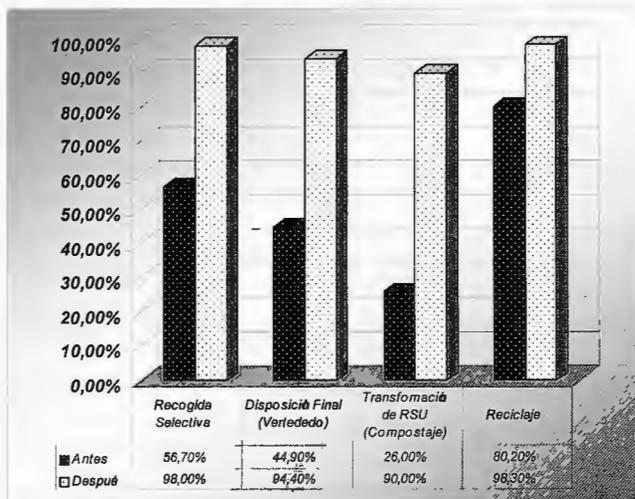
Por otra parte, se aprecia un alto porcentaje tanto en el Nivel de Comprensión como en la Voluntad de Colaborar para el elemento de Reciclaje. Sin dudas, la política llevada a cabo por el gobierno cubano desde los años sesenta, donde se hacía referencia al reciclaje y al termino de materias primas, contribuyó al proceso de sensibilización realizado.

En cuanto a la Recogida Selectiva, este representa un elemento funcional novedoso, no solo para la población de las comunidades seleccionadas, sino también para toda la población cubana. En este sentido, antes de implementar la experiencia el Nivel de Comprensión se comportó en un 56.7% y la Voluntad de Colaborar ascendió a un 91.6 %.

En general, en ambas comunidades, el Nivel de Comprensión y la Voluntad de Colaborar aumentaron después de que se efectuó la experiencia piloto y se ejecutaron las actividades de concienciación.

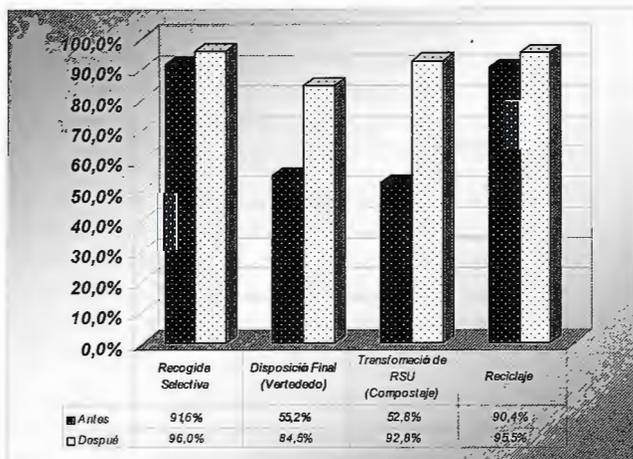
Los gráficos desde el 3 hasta el 6 muestran los resultados por separado en cada una de las comunidades - Peñas Altas y Campo Florido - . Similar a lo observado para toda el área donde se implementó la experiencia piloto, el Nivel de Comprensión y la Voluntad de Colaborar aumentaron de manera considerable para los elementos funcionales del

**GRÁFICO 1:** Comparación del Nivel de Comprensión antes y después de realizar la experiencia piloto en toda el área, Peñas Altas y Campo Florido, Municipio Habana del Este.



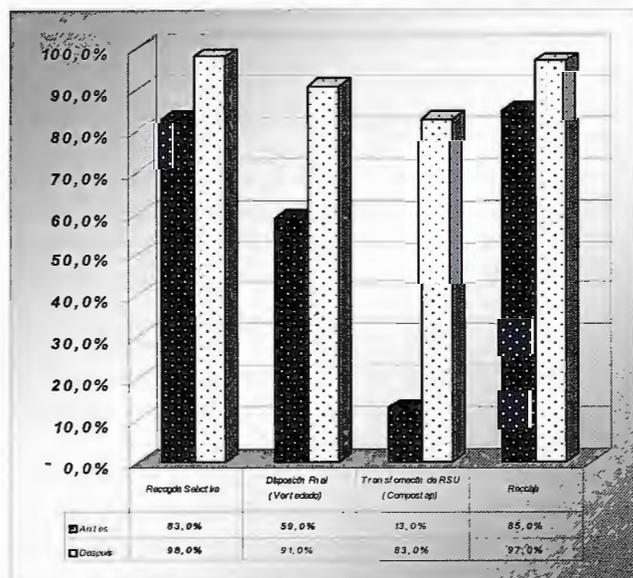
FUENTE: Elaborado a partir de la información obtenida de las encuestas aplicadas durante el Estudio de Desarrollo para el Plan de Manejo Integral de los RSU en Ciudad de La Habana, 2006.

**GRÁFICO 2:** Comparación de la Voluntad de Colaborar antes y después de realizar la experiencia piloto en toda el área, Peñas Altas y Campo Florido, Municipio Habana del Este.



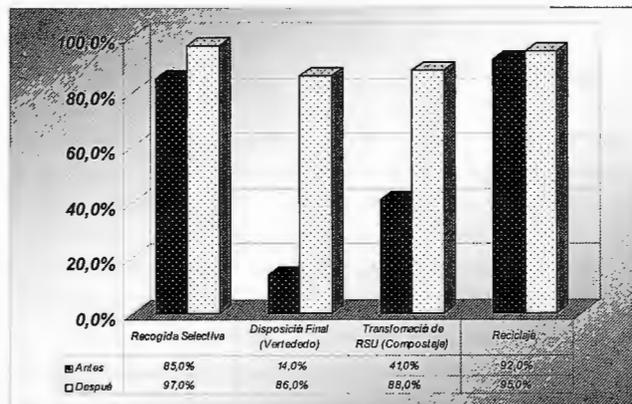
FUENTE: Elaborado a partir de la información obtenida de las encuestas aplicadas durante el Estudio de Desarrollo para el Plan de Manejo Integral de los RSU en Ciudad de La Habana, 2006.

**GRÁFICO 3:** Comparación del Nivel de Comprensión antes y después de realizar la experiencia piloto en la comunidad de Peñas Altas, Municipio Habana del Este.



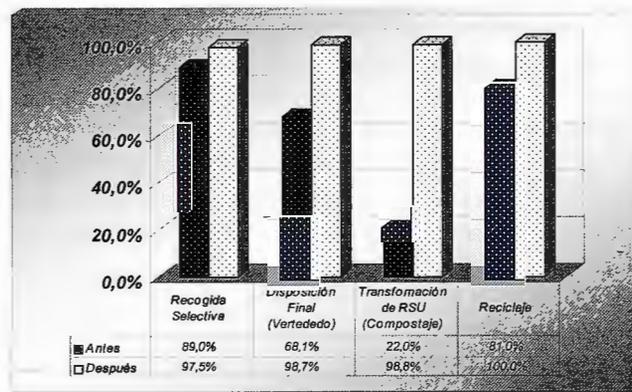
FUENTE: Elaborado a partir de la información obtenida de las encuestas aplicadas durante el Estudio de Desarrollo para el Plan de Manejo Integral de los RSU en Ciudad de La Habana, 2006.

**GRÁFICO 4:** Comparación de la Voluntad de Colaborar antes y después de realizar la experiencia piloto en la comunidad de Peñas Altas, Municipio Habana del Este.



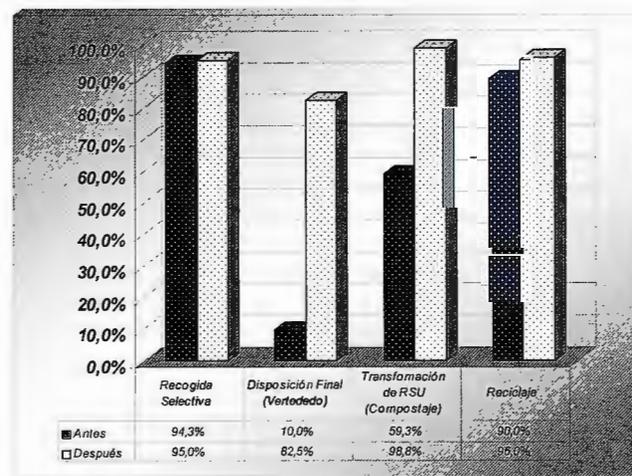
FUENTE: Elaborado a partir de la información obtenida de las encuestas aplicadas durante el Estudio de Desarrollo para el Plan de Manejo Integral de los RSU en Ciudad de La Habana, 2006.

**GRÁFICO 5:** Comparación del Nivel de Comprensión antes y después de realizar la experiencia piloto en la comunidad de Campo Florido, Municipio Habana del Este.



FUENTE: Elaborado a partir de la información obtenida de las encuestas aplicadas durante el Estudio de Desarrollo para el Plan de Manejo Integral de los RSU en Ciudad de La Habana, 2006.

**GRÁFICO 6:** Comparación de la Voluntad de Colaborar antes y después de realizar la experiencia piloto en la comunidad de Campo Florido, Municipio Habana del Este.



FUENTE: Elaborado a partir de la información obtenida de las encuestas aplicadas durante el Estudio de Desarrollo para el Plan de Manejo Integral de los RSU en Ciudad de La Habana, 2006.

manejo de los RSU que se desarrollaron durante la experiencia piloto. En correspondencia con lo expresado anteriormente sobre los vertederos, se destaca el hecho de que la Voluntad de Colaborar con respecto al elemento de Disposición Final es menor que el Nivel de Comprensión. En Peñas Altas, es menor en un 5% y en Campo Florido aproximadamente en un 16%. Situación que responde a la inadecuada operación y la ausencia de mantenimiento del Vertedero de Periodo Especial de Campo Florido.

#### IV. CONCLUSIONES

1. El análisis realizado sobre el comportamiento de los elementos funcionales de separación en origen y la recogida selectiva en la comunidad de Peñas Altas arrojó que su implementación no fue satisfactoria debido a la inestabilidad en la recogida.
2. El análisis realizado sobre el comportamiento del elemento funcional de Compostaje Doméstico en la comunidad de Campò Florido arrojó que su implementación fue satisfactoria, alcanzando los resultados esperados.
3. El proceso de Sensibilización y Educación Ambiental llevado a cabo en las comunidades de Peñas Altas y Campo Florido en el municipio Habana del Este condujeron a una satisfactoria implementación de los elementos funcionales del manejo de los RSU, destacándose el incremento del Nivel de Compresión y la Voluntad de Colaborar en los elementos funcionales del manejo de los RSU.
4. La efectividad de las acciones emprendidas en la experiencia piloto para cada uno de los elementos funcionales demanda continuar fortaleciendo el trabajo de sensibilización y educación ambiental.
5. La experiencia piloto desarrollada en las comunidades de Peñas Altas y Campo Florido sirven de modelo a un proyecto de mayor escala que abarque toda la ciudad de La Habana.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Acurio G, Rossin A., Texeira P, Zepeda F. Diagnostico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Serie Ambiental No. 18. OPS/BID. 1997.
2. CITMA. Estrategia Ambiental Nacional 2007 -2010. CITMA. 2007
3. CITMA. Estrategia Ambiental Nacional República de Cuba. CITMA. 4- 10 págs. 1997.
4. CITMA. Ley No. 81 « Ley de Medio Ambiente » y Decretos-Leyes Complementarios. CITMA. Cuba. 2 - 42 pags. 2001.
5. CITMA. Situación Ambiental Cubana 2002. Agroinform. La Habana. Cuba. 27-28 págs.2002.
1. Goicochea Odalys. Inserción de la Evaluación Estratégica Ambiental en la gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Tesis en opción del Título de Master en Gestión Ambiental. INSTEC -CITMA. La Habana. 80 págs. 2005
2. Hernández, L. Estrategia para la gestión de los residuos sólidos urbanos en La Habana, capital de la República de Cuba, ante una situación de Período Especial. Seminario Internacional de Residuos Urbanos. METROPOLIS. Toluca, México. 2003.
3. Herrera J. Estudio Panorámico sobre el sistema de recogida y Disposición Final de los desechos comunales sólidos en Ciudad de La Habana. Departamento de Higiene - Dirección Provincial de Servicios Comunales. La Habana. Cuba. 1990.
4. Instituto de Normalización. NC 133:2002 Residuos sólidos urbanos. Residuos sólidos urbanos- almacenamiento, recolección y transportación- requisitos higiénico sanitarios y ambientales. Ciudad de La Habana. Cuba. 12 págs. 2002.
5. Instituto de Normalización. NC 134:2002 Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos higiénico sanitarios y ambientales. Ciudad de La Habana. Cuba. 6 págs. 2002.
6. Instituto de Normalización. NC 135:2002 Residuos Sólidos Urbanos. Disposición final. Requisitos higiénico sanitarios y ambientales. Ciudad de La Habana. Cuba. 8 págs. 2002.
7. JICA-CITMA-DPSC. Estudio de Desarrollo del Plan Maestro para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en Ciudad de La Habana, Informe de Progreso No.1. La Habana. Cuba. 2004.
8. JICA-CITMA-DPSC. Estudio de Desarrollo del Plan Maestro para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en Ciudad de La Habana, Informe Final. La Habana. Cuba. 2006.
9. López, M.; Espinosa, M. C. y Delgado, J. Desarrollo tecnológico en la gestión integral de los residuos urbanos en Cuba. Revista CNIC Ciencias Biológicas, Vol.35, No. 1 pp: 59-61. La Habana, Cuba. 2004.
10. Mc Dougall F., White P., Franke Marina., Hindle P. Integrated Solid Waste Management: a life Cycle Inventory. Editorial Blackwell Science. EUA. 3 - 273 págs. 2001.
11. OPS-OMS. Análisis sectorial de residuos sólidos en Cuba. Serie Análisis Sectoriales No.13. Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. 1997.
12. PNUMA - Delegación CITMA Ciudad de La Habana. Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO La Habana. Editorial SI-MAR S.A. La Habana. Cuba. 105-109 págs. 2004.
13. PNUMA. GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente. Observatorio del Desarrollo. Costa Rica. 47 - 53 págs. 2000.
14. PNUMA. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO-3. Editorial Earthscan Publications Ltd. Reino Unido. 240 - 270 págs. 2002.
15. PNUMA. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano en América Latina y el Caribe. Las evaluaciones GEO ciudades y sus resultados. PNUMA-ORPALC. México. 52-54 págs. 2004.
16. United Nations Population. Division World Population Prospects 1950-2050 (The 2000 revision). New York. United Nations. 204 pp. 2001.

**VISITA NUESTRA  
WEB**



**El Club de  
los topógrafos**

**Hazte  
Socio**

**PODRAS DISPONER DE:**

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

**Mas Información en:  
<http://www.taecclub.com/>**

**¡¡ MUY INTERESANTE !!**

# Noticias Topcon

---

## Topcon IP-S2: Combinando las capacidades de posicionamiento GNSS, y los sensores inerciales

Capelle a/d IJssel, Netherlands - Topcon recientemente ha lanzado el sistema IP-S2, montado sobre vehículo, se trata de un sistema móvil de toma de datos 3D de alta precisión para la generación de mapas. El IP-S2 combina la señal de doble frecuencia GNSS para posicionamiento y la medición inercial para integrarlas con el láser escáner y la imagen digital.

Usando los láser escáner 3D, LIDAR, y/o cámaras, los datos recogidos se integran con "marcas de tiempo" o dicho de otro modo, estos datos son sincronizados y son geo-referenciados.

El usuario del sistema puede así combinar de forma rápida y precisa "nubes de puntos" LIDAR y datos de imágenes digitales para construir modelos 3D de las zonas por las que se ha conducido el vehículo.

Esta integración de sensores líder en la industria de posicionamiento, crea ilimitadas aplicaciones para esta tecnología en campos como GIS, construcción, agricultura, creación de mapas, y control de maquinaria - todas ellas áreas donde Topcon tiene un papel de liderazgo.

Ray O'Connor, presidente y CEO de TPS Topcon Positioning System de EEUU, comentó sobre este sistema llamado Inertial Positioning System (IPS) de Topcon "hace posible seguir el movimiento a través del espacio 3D, creando una solución instantánea para múltiples aplicaciones relacionadas con la gestión de activos y la toma de datos."

Además del escaneado de alta precisión y las capacidades de medición inercial, el sistema soporta una gran variedad de sensores y una cámara hemisférica de video digital de 360°, O'Connor dijo, "El IP-S2 puede tomar datos precisos en condiciones de dificultad extrema, como son túneles, bajo puentes, en zonas densas de bosque o en zonas urbanas con edificaciones altas y próximas.

"Las aplicaciones para el IP-S2 son ilimitadas," y añadió, "Cualquier cosa que se pueda concebir en las áreas de la gestión de activos, toma de datos con precisión de prácticamente cualquier objeto, usando capacidades de fotografía digital así como también opciones de escaneado con láser, se pueden hacer con las herramientas del IP-S2 que el sistema incorpora en el vehículo."

La toma de datos en campo para aplicaciones GIS ha sido tradicionalmente una tarea que consume mucho tiempo, en ocasiones necesitando varios años para acometerla por completo. Como resultado, muchas bases de datos están

incompletas, haciendo que los gestores no utilicen todo su potencial.

La seguridad también ha sido un tema a considerar, ya que en ocasiones se requiere personal andando en zonas de tráfico denso donde están situados la mayoría de activos que es necesario medir.

Eduardo Falcon, vice presidente senior y director general de la Unidad de Negocios Emergentes de Topcon, comenta, "El IP-S2 revoluciona la forma en que se toman los datos de campo para un GIS. Con una pasada por la zona a una velocidad normal de un vehículo proporciona un conjunto de datos completo con información de posición de alta precisión e imágenes de alta resolución."

Y añade, "Usando nuevas herramientas de software, los operadores de GIS pueden identificar con facilidad características, asignar atributos, y exportarlos después a aplicaciones geo-espaciales. La reducción en costes y la mejora en seguridad son exponenciales en comparación con los métodos tradicionales de toma de datos en el terreno."

El sistema estándar IP-S2 incluye tres escáner LIDAR de alta resolución que cubren la trayectoria del vehículo al nivel del suelo y barren las áreas adyacentes a una distancia de 30 metros del vehículo.

La tecnología proporciona localización y geo-referenciación con precisión topográfica de las infraestructuras visibles, de las señales de tráfico y de las carreteras, modelando mapas GIS, examinando túneles, haciendo inventarios de lo tomado y captando imágenes digitales a 360-grados (a una velocidad de 15 imágenes por segundo) para catalogar los alrededores en tiempo real.

El software y el hardware del IP-S2 se han diseñado y construido con un formato modular de tal modo que el conjunto de sensores actuales y futuros se puedan integrar de forma fácil a los puertos para escáner ya existentes.

El IP-S2 también trabaja en coordinación con un servicio online de postprocesado de datos que proporciona un conjunto de datos de la precisión más alta posible. Obtenge la información, almacene la información de forma segura y recupérela cuando quiera sin esfuerzo.

Falcon dijo que el IP-S2 fue diseñado "desde el principio con el objetivo de ser más sencillo de instalar, de aprender y de usar que cualquier otra solución existente de posicionamiento móvil."

Hay más de 400 unidades actualmente trabajando repartidas por todo el mundo.

# La deforestación de los bosques tropicales: una revisión

Díaz-Gallegos José Reyes\*, Mas-Causel Jean Francois\*

\* Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Unidad Académica Morelia Michoacán, México.

## Resumen

Este escrito presenta una revisión exhaustiva de literatura, sobre la deforestación tropical. Los bosques tropicales son ecosistemas megadiversos, que proporcionan bienes y servicios ecosistémicos vitales para la humanidad. Sin embargo, están siendo deforestados, quemados y perturbados en forma alarmante a nivel global. México es el segundo país latinoamericano con mayor deforestación después de Brasil. El sureste mexicano, el peten en Guatemala y Belice presentan tasas elevadas de deforestación que amenaza la biodiversidad mesoamericana. Mundialmente, las emisiones de CO<sub>2</sub> por la deforestación es de 20 %. México contribuye con 363 millones de toneladas (2 %) de carbono a la atmósfera cada año, del cual el sector energético y el transporte emiten el 70 %. Se reconocen dos grupos de factores, considerados como los agentes causales de la deforestación, estos son, las fuerzas proximales "proximate causes" y las fuerzas impulsoras subyacentes "Underlying driving forces", las cuales varían y se conjugan de acuerdo al contexto geográfico e histórico de cada región. Entre los efectos de la deforestación están la extinción de especies y habitats, fragmentación, la degradación de suelos, la modificación de los ciclos biogeoquímicos e hidrológico y el calentamiento atmosférico global. La deforestación tropical asegura un permanente desequilibrio ecológico, el cual es un inhibidor que mantiene colapsada la sustentabilidad en las zonas tropicales.

Aunque la deforestación contribuye poco al cambio climático global, éste último podría provocar severos cambios fisiológicos y ecológicos en los remanentes de bosques tropicales, lo que agudizaría la crisis ambiental en los trópicos, que su vez afectaría aun más la calidad de vida de la humanidad.

**Palabras claves:** Bosques tropicales, deforestación, crisis de la biodiversidad, cambio climático global.

## Abstract

This paper presents a thorough revision of the literature regarding tropical deforestation. Tropical forests are megadiverse ecosystems that offer ecosystemic goods and services to the human being. Nonetheless, tropical forests are being deforested, burnt and disturbed at an alarming rate worldwide. Mexico is the country with the second highest deforestation rate in Latin America after Brasil. Southeast Mexico, Peten region in Guatemala and Belize present deforestation rates that endanger Mesoamerican biodiversity. 20% of the emissions of CO<sub>2</sub> in the world are caused by deforestation. Mexico participates with 363 million tons (2%) per year of the carbon dioxide emission to the atmosphere, 70% caused by energy and transportation industries. The causes of deforestation are divided in two categories: proximate causes and underlying driving forces both of which vary and interact depending on the geographical and historical context of each region. Some of the effects of deforestation are the extinction of species, the fragmentation and loss of habitats, soil degradation, modification of biochemical and hydrological cycles and global warming. The tropical deforestation caused a permanent ecological disequilibrium, which is an inhibitor that keeps the sustainability tropical zones collapsed.

Although deforestation itself is not a major contribution to climatic change, the latter could cause physiological and ecological changes in tropical forest remnants, that would affect the currently critic

environmental situation in the tropics, which would likewise affect the live quality of the human kind.

**Key Words:** Tropical forest, deforestation, biodiversity crisis, global climatic change.

## Introducción

En el mundo se están registrando cambios ambientales de gran magnitud (Ojima et al., 1994; Houghton, 1994), con una recurrencia cada día más alarmante (Ezcurra, 2002). Estas alteraciones ambientales se encuentran interrelacionadas al nivel regional y global, lo que afecta muchos procesos ecológicos y biológicos (Gómez-Pompa et al., 1972; Nobre et al., 1991; Turner et al., 1993), repercutiendo en el funcionamiento sistémico de la tierra (Lambin et al., 2001; Geist y Lambin, 2002).

En las últimas tres décadas, la deforestación se ha erigido como el principal problema ambiental en el mundo, afectando principalmente los bosques tropicales. Este trabajo tiene como objetivo llevar a cabo una amplia documentación bibliográfica y su respectivo análisis sobre esta problemática. El escrito aborda los tópicos más importantes alrededor de la deforestación tropical, tales como la importancia de los bosques tropicales para la humanidad, una perspectiva de la deforestación global, también se documentan ampliamente las repercusiones ambientales de la deforestación y su relación con el cambio climático global, así como los factores que lo desencadenan. Finalmente, se da a conocer la situación de la deforestación en México y la del sureste mexicano.

## Los bosques tropicales

Los bosques tropicales son los ecosistemas terrestres con la mayor diversidad biológica y complejidad ecológica (Richards, 1957; Whitmore, 1984; Terborgh, 1992; Martínez-Ramos, 1995). Ocupan alrededor de 12 millones de km<sup>2</sup>, alberga el 70 % de las especies de plantas vasculares, 40 % de la avifauna, 70 % de los invertebrados y 65 % de las especies de insectos; lo que equivale al 60 % de la biodiversidad del planeta (Gentry, 1988; Myers, 1989; Mittermeier y Goettsch, 1992; Turner y Corlett, 1996).

La alta biodiversidad y complejidad de los bosques tropicales, es resultado del proceso evolutivo de millones de años en la historia de la tierra (Halfiter y Escurra, 1992; May, 1988). La biodiversidad tropical engloba a la diversidad biológica y la variabilidad genética de todas las especies de plantas, animales, microorganismos, habitats, procesos ecológicos y a las interacciones biológicas que ocurren en este ecosistema (Mittermeier y Goettsh, 1992). Estas condiciones hacen que se considere un ecosistema frágil y no renovable (Terborgh, 1992).

Se encuentran distribuidos en las zonas tropicales e intertropicales, es decir en Centro y Sudamérica, África y Asia (Figura 1). En Sudamérica cubren las Guayanas y toda

la cuenca del Amazonas hasta la vertiente oriental de los andes, y desde América Central hasta el sureste de México (Park, 1992). En África los bosques tropicales quedan limitados en la costa de Guinea, la cuenca del Congo y la parte oriental de Madagascar, mientras que en Asia se localizan desde la región del Monzón hasta las vertientes meridionales del Himalaya, en Malasia, Indonesia, Las Filipinas y Nueva Guinea (Whitmore, 1984).

Las extensiones más importantes de bosques tropicales (60 %) con la mayor riqueza biológica y ecológica, están localizados en Centro y Sudamérica, principalmente en Colombia, Brasil, México, Perú, Costa Rica y Ecuador (Gentry, 1988; Reading *et al.*, 1995).

#### **Beneficios que se obtienen de los bosques**

Las sociedades humanas reciben los bienes y servicios ambientales que proporcionan los bosques tropicales, los cuales son esenciales para el soporte de la vida en el planeta, además contribuyen en la economía mundial. En décadas pasadas, se pensó erradamente que los bosques tropicales eran un obstáculo para desarrollar actividades económicas lucrativas, ya que para emprender un "desarrollo verdadero" en las zonas tropicales, se debían tumbar y sustituir por sistemas más simples, como plantaciones monoespecíficas y pastizales (Batis, 1993).

Hoy día, se sabe que las especies que habitan en los bosques tropicales, son potencialmente útiles para la humanidad, por los distintos bienes y servicios ecosistémicos que proporcionan, o simplemente por la función ecológica y biológica que desempeñan (Farber *et al.*, 2002). Los bienes y servicios ambientales que proporcionan se presentan con mucha complejidad a escala global y regional, lo que hace casi imposible remplazarlos por derivados de la tecnología y los casos en que se pudiera, los costos serían exorbitantes (Chase *et al.*, 1999).

Entre los principales productos que proporcionan los bosques tropicales se encuentran las diversas maderas preciosas para la elaboración de muebles y la construcción de casas, resinas, colorantes, látex, fibras naturales, forrajes, leña; además de plantas empleadas en la medicina tradicional y otras consideradas ornamentales (Dobson *et al.*, 1989; Chase *et al.*, 1999). Paralelamente, muchas especies de los bosques tropicales son útiles en el control biológico de plagas y otras más, son utilizadas para el mejoramiento genético de cultivos (Dobson *et al.*, 1989).

Aunado a lo anterior, de muchas especies que habitan en los bosques tropicales se obtienen y/o se han obtenido sustancias químicas, usadas como precursores para la elaboración de medicamentos (Barbier y Alward, 1996).

La comercialización de algunos de estos productos se convierte en el medio de subsistencia de muchas familias. Por ejemplo, la producción total de madera obtenida a nivel mundial de los bosques tropicales en 1994 fue del orden de 1,300 millones m<sup>3</sup>, lo que significó utilidades por más de 100 mil millones de dólares (FAO 1997). Por otro lado, los productos farmacéuticos también han generado ganancias millonarias; en los 1990's se registraron utilidades anuales del orden de los 43 mil millones de dólares (Barbier y Alward, 1996).

Los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques tropicales son diversos. Por ejemplo, participan en la regulación del clima, ayudan a mitigar las sequías y las

inundaciones, contribuyen en la conservación de los suelos y la recuperación de su fertilidad y evitan su erosión; son los principales captadores de agua en forma de lluvia; así mismo, en el suelo de estos ecosistemas se encuentran muchos microorganismos esenciales en los ciclos biogeoquímicos de la tierra (Hughes *et al.*, 1999); además, allí viven muchas especies que contribuyen en la dispersión y polinización de semillas, tanto de plantas de la selva como de muchos cultivos (Toledo *et al.*, 1995; Fearnside, 1996). Estos beneficios ambientales son fundamentales para la vida en la tierra, sin embargo, son poco percibidos y aun menos considerados por la sociedad al momento de la valorización de estos ecosistemas (Fearnside, 1996; Farber *et al.*, 2002).

Por otro lado, hay quienes estiman que los servicios ambientales y los productos no maderables proporcionados por los bosques tropicales, pueden llegar a tener mucho más valor que todos los productos maderables que se extraen de estos ecosistemas (Chase *et al.*, 1999; Farber *et al.*, 2002).

Los bosques tropicales también son considerados los principales centros de mantenimiento de la biodiversidad, de especiación y variabilidad genética del planeta (Gentry, 1988). Se estima que son los principales reservorios de carbono y centros más importantes de captura del bióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) que se emite a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles.

También se sabe que los bosques tropicales constituyen el principal sustento de la mayoría de los pueblos indígenas que viven en las zonas tropicales, los cuales por muchos años se han abastecido de plantas comestibles y medicinales, de carne de animales silvestres, frutas, semillas, miel, entre muchos otros. La mayoría de estos pueblos rurales han establecido sus valores culturales y espirituales entorno a estos ecosistemas, de tal forma que su desaparición, estaría mermando este gran bagaje cultural, además de poner en riesgo la sobrevivencia de estos pueblos (Myers, 1989).

#### **La deforestación global**

La colonización del planeta, así como el uso de herramientas y del fuego, empezaron a transformar los ecosistemas naturales, por lo que éstos han sido sometidos a un proceso de alteración constante a lo largo de miles de años. De todos los ecosistemas existentes en la tierra, los bosques tropicales son los que mayor presión soportan por las actividades antropogénicas (FAO, 2002; FAO, 2007), lo que ha provocado su perturbación parcial o total por el proceso de deforestación.

La deforestación, es una pérdida permanente de cobertura forestal para otros usos de la tierra, tales como la agricultura, pastizales, nuevos asentamientos humanos, e infraestructura, entre otros (FAO, 1995; FAO, 2002).

Se calcula que hace unos ocho mil años la cobertura de los bosques era de 6 mil millones de ha, el doble que en la actualidad (Figura 2). No obstante, el deterioro de los bosques fue más severo durante el último siglo, ya que se estima que en este periodo desapareció mayor cantidad de superficie forestal, que durante toda la historia del hombre sobre la Tierra (Lambin y Ehrlich, 1997; Achard *et al.*, 1998; Gardner-Outlaw y Engelman, 1999).

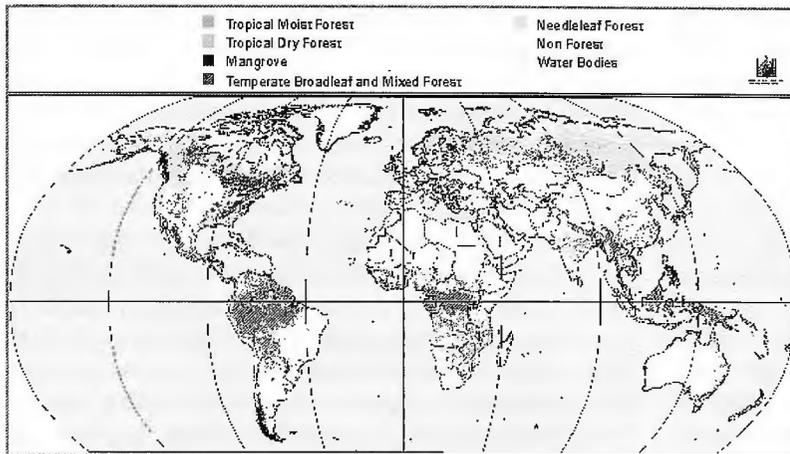


Fig 1. Distribución de los principales tipos de bosques en el mundo (fuente: <http://forests.wri.org/>).

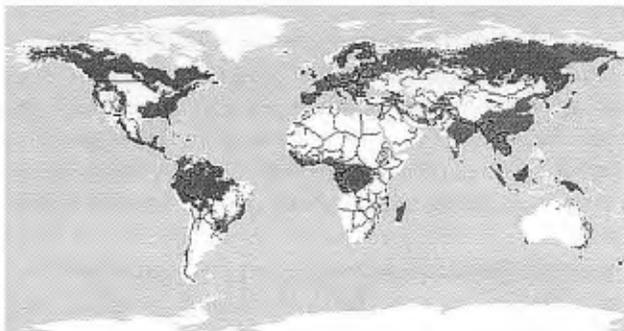


Figura 2. Pérdida global de los bosques en la historia de la tierra, el color verde indica los remanentes de bosques, en color pardo están las áreas de bosque que han desaparecido por deforestación (Fuente: <http://forests.wri.org/>).

País	Superficie	Superficie	Cambio anual	Tasa de cambio
	forestal 1990	forestal 2000		
	(miles de ha)	(miles de ha)	(Miles de ha)	anual (%)
Belice	1,704	1348	-36	-2.3
Costa Rica	2,126	1968	-16	-0.8
El salvador	193	121	-7	-4.6
Guatemala	3387	2850	-54	-1.7
Honduras	5972	5383	-59	-1
Jamaica	379	325	-5	-1.5
México	61,511	55,205	-631	-1.1
Nicaragua	4,450	3,278	-117	-3
Panamá	3,395	2876	-52	-1.6
Argentina	37,499	34,648	-285	-0.8
Bolivia	54,679	53,068	-161	-0.3
Brasil	566,998	543,905	-2,309	-0.4
Colombia	51,06	49,601	-190	-0.4
Ecuador	11,929	10,557	-137	-1.2
Guyana	17,365	16879	-49	-0.3
Paraguay	24,602	23,372	-123	-0.5
Perú	67,903	65215	-269	-0.4
Venezuela	51,681	49,506	-218	-0.4

Cuadro 1. Pérdida en la cobertura bosques en los principales países latinoamericanos (Fuente: FAO 2002).

Hoy día, la deforestación tropical es uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta el mundo, ya que tiene serias consecuencias económicas y sociales de largo plazo, debido a que esta teniendo un efecto negativo en la dinámica ambiental de la tierra, por su repercusión en el calentamiento atmosférico global (Dixon *et al.*, 1994; Houghton, 1994; Lambin *et al.*, 2001).

En las últimas décadas, la destrucción de los bosques tropicales a nivel global es muy alarmante; por ejemplo, durante los 1980s, alrededor de 15.4 millones de ha de estos ecosistemas se perdieron en el mundo (FAO, 1992). En el

periodo de 1990 a 2000 la pérdida total de bosques tropicales ascendió a 9.3 millones de ha; tan solo en Sudamérica se perdieron 3.7 millones de ha y en Centroamérica 958 mil ha (FAO, 2002). Los países latinoamericanos que más han disminuido sus bosques tropicales anualmente son Brasil con 2.3 millones de ha y México con 631 mil ha (Cuadro 1).

Los alcances de la deforestación global son preocupantes, ya que se estima ha desaparecido alrededor del 80 % de los bosques de África, 70 % de los de Asia, y en Latinoamérica están reducidos al 53 % de su cobertura original (Houghton, 1994; Achard *et al.*, 1998; FAO, 2007); en tanto al

nivel de Centroamérica, dos tercios de los bosques tropicales han sido destruidos (Myers, 1993). Los datos recientes indican que la mayor perturbación de bosques tropicales ha ocurrido en Centro y Sudamérica, centrándose en Brasil y México el 32 % del total estimado (FAO, 2007). Las evaluaciones recientes, indican que la pérdida neta de bosques en el mundo es de 7.3 millones de ha anuales, significando una reducción de 20 mil ha cada día (FAO, 2007).

De esta manera, la deforestación ha ocasionado que los bosques tropicales, se hayan reducido alrededor del 60 % a nivel mundial (Skole y Tucker, 1993). Esto ha hecho que la proporción bosque/población humana haya disminuido de 1.2 ha por habitante en los 1960s a 0.6 ha en los 1990s, mientras la expectativa para 2025 es de 0.4 ha per cápita (Gardener-Outlaw y Engelman, 1999).

En distintas partes del planeta, los efectos de la deforestación están documentados (Ojima *et al.*, 1994; Bloomgarden, 1995; Leemans y Zuidema, 1995), a pesar de este conocimiento, los bosques tropicales continúan siendo reducidos en forma alarmante e indiscriminada (Dixon *et al.*, 1994).

Se estima que para mediados del presente siglo, las áreas de cultivo tendrán un incremento significativo, debido a que la población humana aumentará aproximadamente un 30 %. Esto implicará una gran demanda de alimentos, energía, agua, madera, papel, entre otros (Simons, 1998; FAO, 2002). Lo cual podría traer como consecuencia, la pérdida de aproximadamente 5 a 7 millones de ha de tierras de cultivos por causa de la degradación, y por consiguiente habrá mayor presión para los bosques del mundo, principalmente en los trópicos.

Aunque se han realizado algunos esfuerzos para reducir la presión sobre los bosques tropicales, estos no han sido suficientes y no han logrado disminuir los procesos que agudizan la crisis ambiental que persiste en los trópicos (Fearnside, 1995; Frumbohoff *et al.*, 1998). Por el contrario en muchos países del tercer mundo y poseedores de áreas importantes de bosques tropicales, la deforestación se está acentuando (Achard *et al.*, 1998), debido a que implementan políticas gubernamentales recomendadas por agencias internacionales (Cairns *et al.*, 1995; Clark 1995; Fearnside, 2001). En la mayoría de los casos no son políticas adecuadas para el buen manejo de los recursos forestales.

En países como Inglaterra, Canadá, Francia, entre otros, se reportan recientes aumentos marginales de la cobertura

boscosa (FAO, 2002). No obstante, estos nuevos bosques no alcanzan ni el 20 % de la diversidad de especies que tenían los bosques originales. Esta situación también se registra con las plantaciones forestales que se establecen en los trópicos.

Aunado a los efectos drásticos de la deforestación, existe la degradación forestal, lo cual no implica un cambio en el sentido estricto en la utilización de la tierra, pero sí es un problema en las zonas tropicales, especialmente cuando la extracción implica el uso de maquinaria. Se ha reportado que alrededor de 10 millones de ha de bosques tropicales en el mundo, son perturbadas cada año por la explotación selectiva de árboles maderables, la extracción de leña y productos no forestales, entre otros (Burgués, 1993; Pearce et al., 2003). En este caso, el uso podría considerarse como forestal; pero la composición y funciones biológicas y ecológicas quedan modificadas por varios años en forma importante, por este tipo de manejo.

#### **Efectos más importantes de la deforestación tropical**

Son varias y de magnitud distinta, las consecuencias biológicas, ecológicas, físicas, sociales y económicas que se derivan de la alteración y destrucción de la cobertura forestal (Hughes et al., 2000). La acelerada pérdida de la cubierta forestal en los trópicos, está disminuyendo el bagaje genético inherente a los ecosistemas autóctonos y reduciendo el potencial de uso de todos los materiales y servicios ambientales que proveen para el bienestar humano. Los bosques tropicales son ecosistemas muy susceptibles a la pérdida de su biodiversidad por que la mayoría de las especies que lo constituyen se encuentran en densidades muy bajas y mantienen complejas interrelaciones (Boyce y McNab, 1994).

Las consecuencias de la deforestación de los bosques tropicales, tiene efectos drásticos tanto al nivel global como en lo local (Houghton, 1994). Muchas veces estos efectos son difíciles de solucionar en la práctica, por que se necesitan periodos de tiempo largos para una mínima recuperación de estos ecosistemas. A continuación se enlistan y analizan los principales efectos de la deforestación

#### **Fragmentación y pérdida de biodiversidad**

La fragmentación, se refiere a la subdivisión de las áreas más extensas de los bosques tropicales, en superficies o parches más pequeños, los cuales se encuentran con distintos patrones de distribución en una matriz paisajística, conformada por diferentes coberturas del suelo (Harris, 1984; Forman y Godron, 1986; Zipperer, 1993; Ahern, 1999). La fragmentación es un proceso que puede ocurrir en forma natural (Saunders et al., 1991), pero actualmente el incremento acentuado de la fragmentación y pérdida de hábitats en los bosques tropicales son resultado de la deforestación (Bierregaard et al., 1992).

Aun existe discusión para la denominación del tamaño de los fragmentos (Lord y Norton, 1990), puede ir desde 100 ha (Bierregaard y Dale, 1996), hasta las 500 ha (Bond et al., 1988). Lo cierto es que la fragmentación y pérdida de hábitats en el trópico, provoca un incremento en el número de fragmentos y una disminución del tamaño de los parches, lo que incide directamente en su aislamiento y en el aumento del área de cada parche (Bierregaard et al., 1992; Andren, 1996).

El continuo proceso de aislamiento de los fragmentos de

bosques, alteran los ciclos de nutrientes, la humedad del suelo y los flujos de luz solar en cada parche, lo que influye en la estructura y composición de los organismos que ahí habitan (Saunders et al., 1991; Bierregaard et al., 1992; Turner y Corlett, 1996). Esto repercute en la viabilidad de las poblaciones silvestres, en especial de las especies raras (Williams-Linera, 1990; Lugo et al., 1993).

Por otra parte, en los fragmentos de bosque más pequeños, se registran un incremento de la depredación, parasitismo y una invasión de nuevas especies oportunistas o generalistas, que aprovechan los recursos y nuevas condiciones, acelerando los riesgos y ritmos de desaparición local y regional de especies (Lugo et al., 1993; Murcia 1995; Sala et al., 2000), proceso que es aun mayor en los fragmentos más pequeños, ya que el tamaño de los fragmentos es determinante para el mantenimiento de la biodiversidad (MacArthur y Wilson, 1967).

La desaparición de especies en los bosques tropicales, contribuye al deterioro de las complejas interrelaciones biológicas y ecológicas que existen entre las especies, por lo que la extinción de una, puede acarrear la desaparición de otras especies (Bierregaard et al., 1992; Botkin y Keller, 1997). Algunos estudios indican que la extracción de la fauna de los bosques tropicales, principalmente por la cacería de subsistencia, tiene repercusiones serias en la dispersión y germinación de las semillas de las plantas que allí se establecen (Dirzo y García, 1991; Escamilla et al., 2000).

La fragmentación de los bosques tropicales no es un proceso continuo en el tiempo ni en el espacio, sino que el patrón y nivel de fragmentación, pueden estar en función de otros factores, entre ellos las actividades productivas, la tenencia de la tierra, el tipo de suelos, la geomorfología, la pendiente, entre otros (Lord y Norton, 1990; Ochoa, 2005). Estas mismas variables también están ligadas a la deforestación.

Se estima que alrededor del 80 % de la cobertura actual de bosques en el mundo, se encuentran con algún grado de fragmentación y el 70 % presenta serias alteraciones de su estructura y composición arbórea (Achard et al., 1998; FAO, 2007). Sin embargo, el 75 % de los bosques con poca perturbación se localizan en América Latina y el Caribe (FAO, 2007).

La consecuencia más severa a corto plazo de la deforestación, es la pérdida de la biodiversidad, significando la extinción de cientos de especies de plantas, animales, microorganismos y hábitats. La extinción de especies es un proceso irreversible, que ocurre de forma natural a una tasa de una especie cada dos años, el cual es balanceado por nuevas especies sucesoras, mejor adaptadas a las condiciones ambientales existentes (Wilson, 1989). Pero en los últimos años la deforestación la ha incrementado abruptamente, principalmente en las zonas tropicales, al grado de que se considera se extinguen alrededor de 5 a 8 especies diariamente (Graiger, 1993).

Actualmente, se reporta que más de 20 mil especies se encuentran en los estatus de amenazadas y en peligro de extinción a nivel mundial, como producto de la degradación ambiental en el mundo (UICN, 2006). La mayoría de estas especies se encuentran en los trópicos, principalmente árboles (FAO, 2007).

### **Efectos sobre las cuencas y la hidrología**

La permanencia de áreas extensas de bosques tropicales, incide en forma significativa en la regulación del clima regional y global (Shelton, 1985). En este sentido, la producción de agua de una cuenca, está relacionada con las áreas forestales que mantenga (Shelton, 1985; Bruijnzeel, 1990). Esto hace suponer que los bosques tropicales, son los más importantes "captadores de agua" a través de las lluvias. El término "captar agua" se usa en el sentido de favorecer la infiltración, lo que permite incrementar el gasto base (Shelton, 1985).

Es bien conocido que la desaparición de los bosques, conlleva a la modificación de los regímenes pluviométricos, alterando en forma severa los regímenes de captación de agua de las cuencas hidrológicas. Aunado a esto, las áreas deforestadas, al asociarse con fuertes lluvias y escurrimientos dan origen a derrumbes, deslaves y el arrastre de cientos de toneladas de sedimentos que asolvan cauces de ríos, lagos, lagunas y presas, lo que influye en desastres hidrometeorológicos como las inundaciones (Nordin y Meade, 1981; Shelton, 1985, Pérez y Ortiz 2002). Estas afectaciones son cada vez más frecuentes en la actualidad, lo que trae consecuencias graves en daños sociales y económicos.

Entre 1970 y 1999, en Latinoamérica y el Caribe se registraron más de mil desastres naturales, que equivalen al 19 % de los desastres ocurridos en el mundo. Estos desastres provocaron la muerte de más de 200 mil personas y 8 millones más se quedaron sin vivienda. El costo promedio anual de estos desastres en las últimas décadas ha variado de los 700 millones, hasta los 3 mil millones de dólares (FAO, 2002).

Actualmente se estima que muchas cuencas hidrográficas que en años anteriores abastecían de agua potable e irrigación a diversas comunidades y ciudades en el mundo, ahora están sujetas a severas fluctuaciones hídricas (Bruijnzeel, 1990).

En el siglo pasado, la demanda mundial de agua se incrementó seis veces debido al elevado crecimiento de la población, por ello, este problema será mayor. La disponibilidad de este recurso puede estar afectado por inundaciones, sequías y por la amenaza del calentamiento atmosférico mundial, el cual afectará el ciclo hídrico (Houghton, 1994; FAO, 2002).

Por otro lado, se estima que para el año 2025 alrededor de 48 países serán deficitarios de agua potable, lo que afectará más de 2.8 mil millones de personas. Así mismo, alrededor de 4 mil millones de ha de tierras agrícolas, están amenazadas por la desertificación, afectando a alrededor de 250 millones de personas (FAO, 2002).

De tal forma que la conservación de los recursos forestales, presentes en las cuencas hidrológicas que suministran agua para consumo humano, riego, industria, etc. deben ser un componente importante de las estrategias de abastecimiento de agua de los diferentes gobiernos (Bruijnzeel, 1990).

### **Impacto de la deforestación en los suelos**

La mayoría de los suelos forestales poseen menos fertilidad que los suelos no forestales y resultan fácilmente afectados por el proceso de lixiviación, el cual es causado por

las fuertes lluvias comunes en las zonas tropicales (Siebert, 1987).

Se considera que la filtración de agua pluvial es mayor en los bosques tropicales con poca perturbación, lo que ayuda a reducir el escurrimiento y el arrastre de materia orgánica, ya que las raíces de los árboles ayudan a mejorar la estructura y porosidad del suelo, reduciendo su compactación y facilitando la infiltración (Bajpai *et al.*, 1998). Además, actúan como barreras contra el viento, minimizando en gran medida los procesos de desecación y erosión eólica e hídrica, lo que impide el arrastre de la materia orgánica y los demás nutrientes del suelo, principalmente en zonas con pendientes pronunciadas (Kironchi y Mbuji, 1996). En este sentido, la eliminación de la cobertura forestal, tiene un efecto directo y drástico sobre el sustrato edáfico, lo que ocasiona que se vean afectadas las características físicas y químicas de los suelos (Brown, 1996; Siebert, 1987; Bajpai *et al.*, 1998).

También existen otro tipo de alteraciones importantes como la modificación a la estructura poblacional de los microorganismos que habitan en el suelo, los cuales, entre sus funciones ecológicas, ayudan a transformar la biomasa muerta en los diferentes nutrientes que posteriormente son absorbidos por las plantas, lo que incide de forma importante en los ciclos biogeoquímicos globales (Siebert, 1987; Leemas y Zuidema, 1995; Bajpai *et al.*, 1998).

Asimismo, la deforestación asociada con la quema, a mediano plazo, tiene efectos drásticos en los suelos de los trópicos, debido a que los suelos de los bosques tropicales contienen un alto porcentaje de hierro y aluminio y al quedar expuestos a la acción del sol y el aire, aumenta su toxicidad debido al aluminio, haciéndolo marginal para la agricultura (Ville, 1993; PNUMA, 1993, Schubart *et al.*, 1984). La infertilidad de los suelos también reduce la capacidad de resiliencia de los bosques tropicales (Martínez-Ramos, 1995).

En México se estima que aproximadamente 5.4 millones de ha están afectadas con suelos degradados por erosión hídrica y eólica, principalmente en áreas donde antes se distribuían bosques. Mientras que a nivel mundial, alrededor de 10 mil millones de ha, han sido catalogados como suelos con un elevado grado de degradación, que a su vez, ha sido causado por el cultivo excesivo y el sobrepastoreo de estas tierras (PNUMA, 1993). Se estima que en los trópicos, la erosión y degradación de los suelos es muy alarmante (Grainger, 1994). Es importante destacar que los suelos degradados, no sólo están presentes en usos agrícolas y pecuarios, sino que la degradación edáfica también se manifiesta en menor grado, en áreas con cobertura forestal arbórea y arbustiva (PNUMA, 1993).

### **Deforestación y cambio climático**

En la composición natural de la atmósfera terrestre, existen gases como el vapor de agua ( $H_2O$ ), el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), monóxido de carbono ( $CO$ ), metano ( $CH_4$ ), entre otros, los cuales son llamados gases de "efecto invernadero" y ocupan el 1% de la atmósfera, el resto lo conforma el  $O_2$  (21 %) y el  $N_2$  (78 %). Se les denomina gases de efecto invernadero, por que atrapan parte de la energía calorífica que llega a la tierra desde el sol y la energía que reflejan los objetos (ciudades, suelo desnudo, vegetación, etc.) en la tierra y por que son capaces de transferirla como calor a

los otros componentes de la atmósfera. Estos gases contribuyen a mantener el equilibrio climático necesario para que pueda existir vida en la troposfera, de lo contrario, los animales, plantas y microorganismos de la tierra morirían congelados.

Sin embargo, la atmósfera de nuestro planeta se está sobrecalentando por el incremento de los gases de efecto invernadero (Woodwell et al., 1983), y aunque hay mucha discusión en cuanto al ritmo de este calentamiento (Houghton, 1994), existe acuerdo general en el hecho de que está conduciendo a recientes incrementos en los registros de la temperatura del planeta, lo que implica un "cambio climático global" (FAO, 2007).

La mayoría de los expertos están de acuerdo en que las actividades humanas, están ejerciendo un impacto directo sobre el calentamiento global, ya que los gases emitidos, se vuelven un problema cuando las actividades humanas se multiplican y las concentraciones llegan a niveles que afectan, la salud de las personas con el incremento de las concentraciones de estos gases en la atmósfera (Houghton y Woodwell, 1989; Nordhaus, 1993; Houghton, 1994).

Los bosques tropicales, han sido la atención en los últimos años en función del papel que tienen en el ciclo global del carbono, debido a que están considerados los principales centros naturales de almacenamiento de carbono, y se estima que en estos ecosistemas se encuentran más de 400 mil millones de toneladas de carbono en forma de biomasa; además, se considera que en los suelos forestales puede existir el doble de lo que hay en cobertura arbórea (Houghton et al., 1983; Brown et al., 2000). Así mismo, estos ecosistemas están considerados los mayores fijadores del dióxido de carbono que se emite a la atmósfera por la combustión de los aceites y gasolinas derivados del petróleo, debido a que son los más usados como fuente de energía por los vehículos automotores y las industrias en el mundo. Se calcula que los bosques tropicales capturan entre 6 y 10 toneladas de carbono por ha al año en bosques en regeneración (Baladares et al., 1993).

La deforestación y la quema de los bosques en el mundo, conllevan a la liberación del carbono almacenado, en forma de gas a la atmósfera. Actualmente se estima que los bosques tropicales pueden llegar a liberar entre 90 y 160 toneladas de carbono por ha al ser deforestados (IPCC, 1995, FAO, 2007). A nivel mundial, este proceso es responsable del 20 % (2 mil millones de toneladas) de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Woodwell et al., 1983; WCFSD, 1997; IPCC, 2000). Aunque recientemente se estima en 30 % (FAO, 2007).

El 70 % de las emisiones de los gases que están provocando el cambio climático global, provienen de países industrializados con un alto consumo energético per capita, primordialmente Estados Unidos (25 %), China (13 %), Rusia (6.5 %), Japón (5 %), India (3.5 %) y los países de la Unión Europea (15 %) (IPCC, 1995; IPCC, 2000, FAO, 2007). Las emisiones de gases de estos países a la atmósfera, son del orden de 6.3 mil millones de toneladas, principalmente CO<sub>2</sub> (IPCC, 2000; Masera, 2002).

Se estima que las concentraciones de carbono total en la atmósfera, son del orden de 800 mil millones de toneladas y se considera que aumenta en alrededor de 1.5 % anual

(Houghton, 1994; Brown et al., 2000). Para el futuro cercano, muchos científicos estiman que la temperatura de la atmósfera será aún más caliente, ya que los modelos que predicen recientemente el cambio climático global, pronostican un aumento de 0.3° a 0.6° Celsius por década, en las temperaturas globales de este siglo (Houghton, 1994; Ciesla, 1995), otros estiman que este aumento podría estar entre 1.5° a 4.5° Celsius (Montan, 1994). Este incremento de temperatura, tendría como consecuencia una alteración severa en la distribución de los climas que existen en la tierra y provocara la aparición de nuevos climas; estos cambios climáticos afectarían severamente las regiones montañosas de las zonas tropicales y subtropicales (Williams et al., 2007).

Esta dinámica climática, tendrá repercusiones severas en la fisiología de los organismos y plantas, y alterará los procesos biológicos y ecológicos globales, lo que provocará extinciones masivas de especies y de algunas asociaciones vegetales completas, principalmente de bosques tropicales; al mismo tiempo, las reservas biológicas existentes, serán insuficientes para conservar las áreas de alta biodiversidad del planeta (Houghton y Woodwell, 1989; Nobre et al., 1991; Williams et al., 2007).

Aunque existen algunas incertidumbres respecto a las emisiones reales de gases de efecto de invernadero en México; para el 2000, las emisiones se estimaron en alrededor de 363 millones de toneladas, principalmente CO<sub>2</sub>. Las cuales se desglosan como sigue: el sector transporte contribuyó con 116, el sector eléctrico con 111, el industrial 55, el petrolero 49, el residencial 20, el agropecuario 6.5 y el comercial con 4.5 millones de toneladas (Secretaría de Energía, 2001). Es decir, el sector energético contribuye con el mayor porcentaje, mientras que la quema de los bosques tropicales vierten alrededor de 40 millones de toneladas más, el resto proviene de la industria del cemento (Gay y Martínez, 1995; Gobierno de México, 1997). Esto hace que México contribuya con el 2 % de las emisiones anuales de carbono en el planeta (Masera, 2002). Sin embargo, el escenario de emisiones para el 2010, se estima entre 450 y 650 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> principalmente (Quintanilla, 2004).

Actualmente, se considera que algunas medidas ya concertadas a nivel mundial para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero como la reducción de las tasas de deforestación, la restauración de áreas degradadas y el uso de sistemas forestales y agroforestales, no se han ejecutado con éxito, pero estas acciones, podrían permitir capturar a mediano plazo (50 años), alrededor de mil millones de toneladas de carbono anualmente (Thiele y Wiebelt, 1994; Brown, et al., 2000, Steffent et al., 1992).

Así mismo, los países que tienen las tasas más altas de emisiones de gases de efecto invernadero, deberían de reducirla significativamente (Masera y Sheimbaun, 2000); además, deberían financiar mayoritariamente las medidas de mitigación antes mencionadas (Masera, 2002).

Aunado a esto, el resto de las naciones también deben reducir las emisiones de estos gases y promover la captura de carbono atmosférico, como parte de un esquema de manejo forestal sustentable, principalmente en los países del trópico.

### Factores que impulsan la deforestación tropical

Los impactos de la deforestación tropical son diversos y en cierto nivel, existe bastante información que lo sustenta (Ojima *et al.*, 1994; Lambin *et al.*, 2001). Sin embargo, el cuestionamiento sobre cuales son los factores que conducen a la deforestación en los trópicos, permanece en gran medida sin una respuesta precisa debido a la complejidad de este proceso (Angelsen y Kaimowitz, 1999; Geist y Lambin, 2002).

Lo anterior no es determinante, ya que la correlación entre deforestación y los factores causales, tiene muchas variaciones y no ha sido posible detectar un patrón determinado de agentes causales al nivel regional y menos aun global (Allen y Barnes, 1985; Andersen 1996; Angelsen y Kaimowitz, 1999; Chomitz y Gray, 1996; Lambin *et al.*, 2001; Geist y Lambin, 2002).

En la actualidad se reconocen dos grandes grupos de factores, que están considerados como los agentes causales

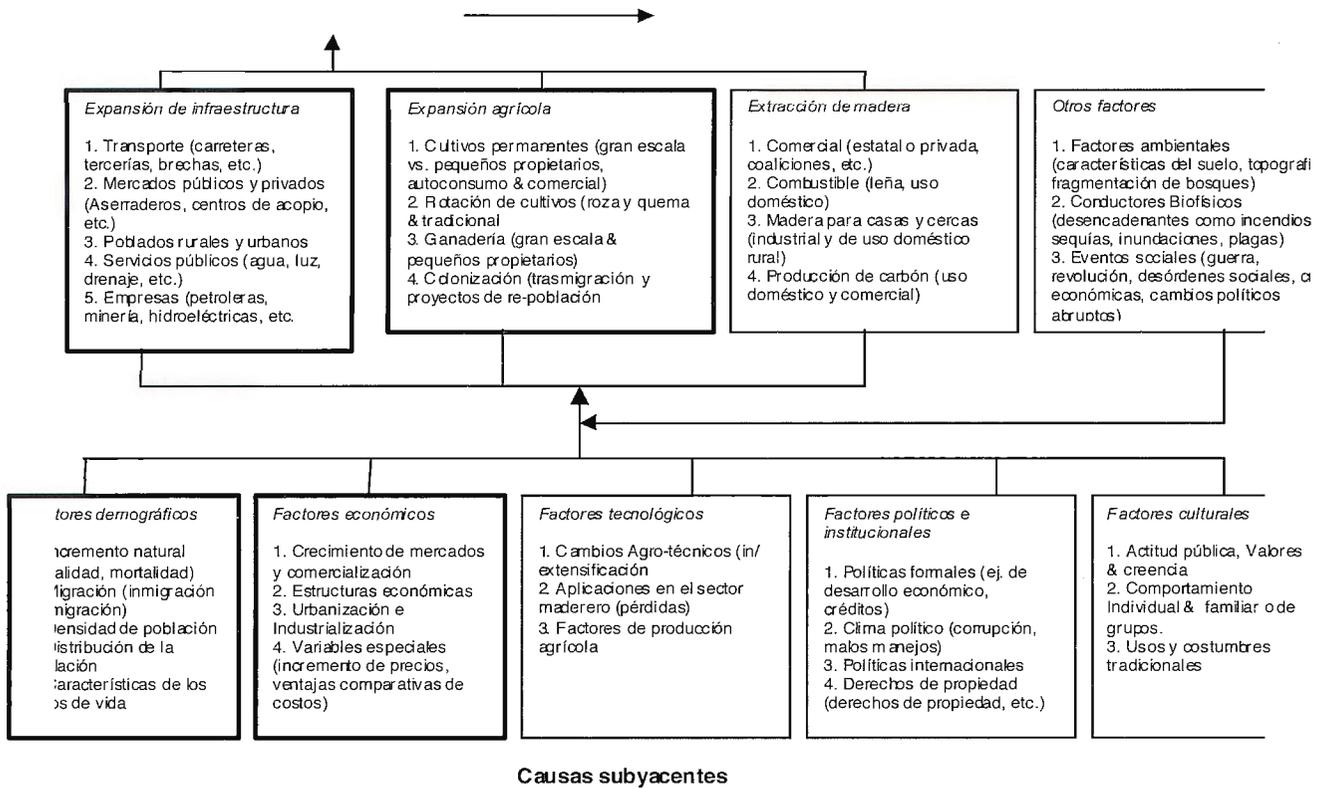


Figura 3. Factores desencadenadores de la deforestación tropical. Las fuerzas impulsoras subyacentes o procesos fundamentalmente sociales, agrupados en cinco grandes subgrupos, apuntalan las causas proximales, éstas últimas son las acciones humanas que impactan directamente los bosques (Fuente: Geist & Lambin 2002).

Algunas de las aproximaciones respecto a los factores que causan la deforestación tropical, se han hecho con análisis estadísticos al nivel país (Harrison, 1991; Southgate *et al.*, 1991; Rudel y Roper, 1996; Murali y Hedge, 1997; Angelsen y Kaimowitz, 1999; Bilborrow y Peores, 1994). En muchos casos, los datos que se ha utilizado en estos análisis no son del todo confiables (Angelsen y Kaimowitz, 1999; Geist y Lambin, 2002).

En la literatura se encuentran dos tipos de explicaciones de la deforestación tropical, los que consideran que las causas provienen de un solo factor y los que sostienen que la deforestación es originada por factores múltiples (Lambin *et al.*, 2001; Geist y Lambin, 2002). Los que proponen que la causa de la deforestación es un solo factor, sugieren variadas causas primarias como la rotación de cultivos (Elnagheeb y Bromley, 1994; Lambin *et al.*, 2001) o el crecimiento de la población (Allen y Barnes, 1985; Harrison, 1991; Bilborrow y Geores, 1994; Palo, 1994).

En forma simplista, hay quienes consideran que las causas de la deforestación son; 1) la explotación comercial de los bosques por empresas madereras, 2) el crecimiento de la población, 3) la agricultura itinerante, 4) el establecimiento de pastizales, 5) los incendios forestales (Grainger, 1994).

ligados directa e indirectamente con la deforestación en los trópicos, estos son, las fuerzas proximales "proximate causes" y las fuerzas impulsoras subyacentes "Underlying driving forces" (Angelsen y Kaimowitz, 1999; Lambin *et al.*, 2001).

Fuente	Superficie de pérdida (ha / año)
Grainger 1984	1,600,000
FAO 1997	508,000
FAO 1988	615,000
Repetto 1988	460,000
Myers 1989	700,000
Castillo <i>et al.</i> 1989	746,000
Toledo 1989	1,500,000
SARH 1992	365,000
Masera <i>et al.</i> 1992	668,000
FAO 1995	678,000
SARH 1994	370,000
Mas <i>et al.</i> 2004	545,000

Cuadro 2. Pérdidas de superficie forestal (ha) anualmente en México

El primer grupo ubica a todas las actividades humanas y las acciones inmediatas que se expresan en el paisaje al nivel más local (terreno), como la expansión agrícola, que se origina de un uso del suelo predeterminado y tienen un impacto directo sobre la cobertura forestal. En tanto las fuerzas impulsoras subyacentes, son procesos sociales fundamentales, como la dinámica de población o las políticas agrícolas que dan origen a las causas proximales (Figura 3).

Investigaciones recientes sobre los factores causales de la deforestación tropical, realizados a partir de diversos estudios en distintos países, revelan que tanto las causas proximales como las fuerzas impulsoras subyacentes de la deforestación, sugieren que no existe una relación universal entre causa y efecto (Lambin *et al.*, 2001; Geist y Lambin, 2002).

Al contrario, consideran que la complejidad de la deforestación, esta determinada por diferentes dominaciones de causas proximales y subyacentes que varían de acuerdo al contexto geográfico e histórico de cada región. Además, la sinergia que existe entre los factores causales, se contraponen a las explicaciones que culpan al crecimiento de la población o la rotación de cultivos como agentes unicastales de la deforestación en los trópicos (Angelsen y Kaimowitz, 1999; Lambin *et al.*, 2001).

Las causas subyacentes consideran que las decisiones públicas e individuales, responden principalmente a las oportunidades cambiantes a escala nacional o global y a las políticas implementadas por instituciones gubernamentales; mientras que las causas proximales, predominan diversas formas de expansión agropecuaria, explotación de madera y la construcción de infraestructura, entre otros (Figura 3).

Las consideraciones anteriores, indican que es de vital importancia comprender en forma integral la complejidad de las diversas combinaciones de causas proximales y subyacentes, que afectan la pérdida de cobertura forestal en cada región geográfica de los trópicos; lo anterior, se debe hacer antes de implementar alguna política que pueda resultar en severas afectaciones en los remanentes de estos ecosistemas y su diversidad.

### La deforestación en México

México, es uno de los países megadiversos con un proceso acelerado del deterioro y pérdida de los recursos forestales. Se estima que estos ecosistemas han estado sujetos a una fuerte presión antrópica en las últimas décadas, aunque los registros que existen presentan mucha variación, las tasas de deforestación reportadas para México han sido muy altas (Cuadro 2).

Un estudio basado en un análisis de la cartografía existente a nivel nacional para el periodo de 1976 y 2000, reporta

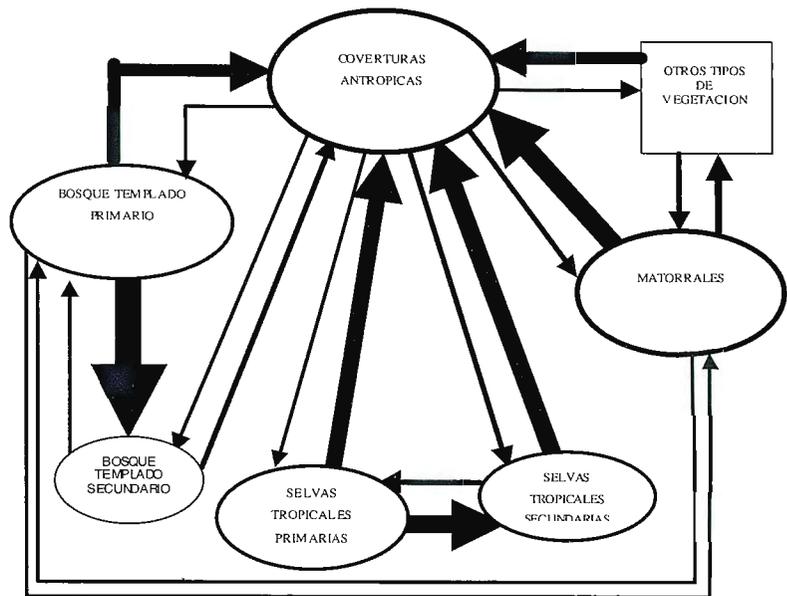


Figura 4. Intercambios de superficie con flujos de más de 10,000 km<sup>2</sup> en México, en el periodo 1976-2000. (I corresponde a vegetación primaria y II a vegetación secundaria) El grosor de las flechas y las elipses es proporcional al área de cambio y permanencia de la cobertura respectivamente (fuente: Más *et al.* 2004)

Fuente	Región	Tipo de bosque o selva	Tasa de deforestación % / año	Periodo
Cortéz-Ortiz 1990	Selva lacandona, Chiapas	Tropical siempre verde	4.5	1980-88
Cuarón 1991	Sureste de México	Tropical siempre verde	7.7	1974-86
Dirzo & García 1992	Los Tuxtlas, Veracruz	Tropical siempre verde	4.3	1976-86
Mas <i>et al.</i> 1996	Veracruz, Puebla, Oaxaca	Templado	8.7 - 10.4	1982-92
Mas 1997	Campeche	Tropical Manglar	4.5 3.3	1978/80-92
Ordóñez 1998	Oaxaca	Tropical Templado	2.2 - 2.8 1.1	1980-93
Sorani & Alvarez 1996	Términos, Campeche	Tropical y manglar	6.4	1980-93
Cortina <i>et al.</i> 1999	Calakmul, Campeche	Tropical subperennifolio	2	1975-85
Díaz <i>et al.</i> 2001a	Calakmul, Campeche	Tropical subperennifolio	4.5	1970-96
Mendoza & Dirzo 1999	Selva lacandona, Chiapas	Tropical siempre verde	2.1 - 1.6	1974/81-91
Turner II <i>et al.</i> 2001	Sur de Yucatán	Tropical subperennifolio	2.8	1987-97
Díaz <i>et al.</i> 2001b	Sureste de México	Templado y tropical juntos	2	1993-2000
Ortiz & Toledo 1998.	Las Cañadas, Montes Azules, Chiapas	Tropical siempre verde Templado	6.7 5.4	1970/1991
Ochoa & Gonzáles, <i>et al.</i> 2000	Los altos de Chiapas	Templado	1.1- 3.4	
Velázquez <i>et al.</i> 2003	Oaxaca	Templado Tropical	1 2	1979- 81/2000

Cuadro 3. Tasas de deforestación reportadas para diversos tipos de vegetación en áreas específicas del sureste de México (fuente: elaboración propia)

una tasa de deforestación a nivel nacional de 0.43 %, con una pérdida anual de 545, 000 ha, ( $\pm$  50, 000 ha) aproximadamente (Velázquez *et al.*, 2002; Mas *et al.*, 2004). Además, se reporta que más de 20, 000 km<sup>2</sup> de bosques templados, 60 mil km<sup>2</sup> de selvas tropicales y 45 mil km<sup>2</sup> de matorrales fueron perdidos, los cuales representaron un promedio anual de áreas deforestadas de 90, 000, 265, 000 y 195, 000 ha por año, correspondiendo a tasas de deforestación de 0.25, 0.76 y 0.33 % anualmente respectivamente (Figura 4).

En este mismo periodo los bosques templados primarios tuvieron una degradación de 79, 000 km<sup>2</sup>, mientras que otros 50, 000 km<sup>2</sup> de selvas primarias se degradaron a selvas secundarias (Figura 4).

Las tendencias de la deforestación en México para este periodo, calculadas con base en las matrices markovianas, muestran que para el 2020, los bosques, selvas y matorrales se continuarían reduciendo, en caso de que se sigan registrando probabilidades de transición iguales o similares; mientras que los cultivos y los pastizales se podrían incrementar en proporciones aceleradas (Mas *et al.*, 2004). La disminución de la cobertura forestal en nuestro país es preocupante, los datos indican que México mantiene solo 0.5 ha de cubierta forestal por habitante y la predicción para el 2025 indica que será de 0.3 ha (Velázquez *et al.*, 2001; Mas *et al.*, 2004).

Algunos estudios recientes argumentan que en México hay zonas con manejo forestal comunitario que han logrado disminuir el proceso de deforestación (Durán, 2005, Merino y Segura, 2002).

#### Perspectivas de la deforestación en el sureste mexicano

En particular, el sureste de México mantiene la mayor extensión de remanentes de selvas caducifolias y subcaducifolias, perennifolias y subperennifolias, manglares y vegetación hidrófita de todo el país, albergando una elevada diversidad de flora y fauna (Mittermeier y Goettsch, 1992). Las condiciones biogeográficas que prevalecen en esta región, le permite sobresalir como una zona de alta biodiversidad a nivel mundial, pero al mismo tiempo, esta al borde de una severa crisis ambiental por la continua deforestación (Tudela, 1989; Myers, 1989; Villafuerte *et al.*, 1993).

En el sureste de México, existen diversos estudios que han analizado los procesos de deforestación en áreas específicas de esta región, estos estudios reportan elevadas tasas de pérdida de la cubierta forestal (Cuadro 3).

Uso del suelo y tipo de vegetación	Serie 1		IFN-2000		Cambio en el periodo (ha)	Cambio anual (ha)	Tasa de cambio anual (%)
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%			
Agricultura de riego y humedad	162,586	0.6	422,268	1.4	259,682	11,804	4.4
Agricultura de temporal	2,147,725	7.4	3,510,548	12.0	1,362,823	61,946	2.3
Area sin vegetación aparente	45,974	0.2	83,699	0.3	37,726	1,715	2.8
Bosque de coníferas	475,741	1.6	425,770	1.5	-49,971	-2,271	-0.5
Bosque de coníferas y latifoliadas	1,219,942	4.2	1,114,239	3.8	-105,703	-4,805	-0.4
Bosque de latifoliadas	247,753	0.8	165,897	0.6	-81,856	-3,721	-1.8
Bosque mesófilo de montaña	836,782	2.9	697,749	2.4	-139,033	-6,320	-0.8
Manglares	730,955	2.5	654,063	2.2	-76,892	-3,495	-0.5
Matorral xerófito	3,165	0.0	1,483	0.0	-1,683	-76	-3.4
Otros tipos de vegetación	51,070	0.2	63,176	0.2	12,106	550	1.0
Pastizales inducidos y cultivados	5,473,941	18.75	8,005,507	27.4	2,531,566	115,071	1.7
Selvas caducifolias y subcaducifolias	5,360,724	18.37	3,795,008	13	-1,565,716	-71,169	-1.6
Selvas perennifolias y subperennifolias	11,148,82						
	4	38.2	8,988,984	30.8	-2,159,839	-98,175	-1.0
Vegetación hidrófita	1,038,280	3.6	844,984	2.9	-193,296	-8,786	-0.9

Cuadro 4. Superficie de los principales usos del suelo y tipos de vegetación del sureste de México. Así como la superficie de pérdida anualmente por categoría y las respectivas tasas de cambio anual (fuente: Díaz-Gallegos *et al.* 2006)

Region tropical	Tasa de deforestación (% /año)
Belize (país)	2.3 (1990-2000) <sup>1</sup>
Guatemala (Petén)	1.8 (1991-2001) <sup>2</sup>
Guatemala (país)	1.4 (1991-2001) <sup>2</sup>
México (Sureste)	1.2 (1978-2000) <sup>3</sup>
Indonesia (país)	1.2 (1990-2000) <sup>1</sup>
Malaysia (país)	1.2 (1990-2000) <sup>1</sup>
Brazil (Amazonia)	0.9 (2004-2005) <sup>4</sup>
Madagascar (país)	0.9 (1990-2000) <sup>1</sup>

Fuentes: <sup>1</sup>FAO (2002); <sup>2</sup>Castellanos *et al.* (2006); <sup>3</sup>Díaz-Gallegos *et al.* 2006; <sup>4</sup>INPE (2006)

En un análisis reciente sobre el proceso de deforestación realizado para toda la macroregión del sureste de México, en el periodo 1978-2000, se estimó que la pérdida total de la cubierta forestal en el sureste de México fue de 4.18 millones de ha, con una tasa de deforestación de -1.1 % en 22 años (Díaz-Gallegos *et al.*, 2009). Entre los tipos de vegetación con mayor tasa de deforestación están las selvas caducifolias y subcaducifolias (-1.6 %), las selvas perennifolias y subperennifolias (-1 %) y el bosque mesófilo de montaña (-0.8 %); en contraste, los pastizales inducidos y cultivados y la agricultura de temporal incrementaron su superficie 32 % y 39 % con tasas de cambio de 1.7 % y 2.3 % respectivamente (Cuadro 4).

También se reporta que el proceso de cambio que más ha dominado en los últimos años en el sureste mexicano, es la deforestación de las selvas a pastizales, los cuales aumentaron 2.7 millones de ha, ocupando 12 % del área, mientras la deforestación a agricultura de temporal se distribuyó en el 6% del área con un incremento de 1.3 millones de ha (Figura 5).

Los cambios registrados en el sureste de México, afectaron principalmente las selvas perennifolias y subperennifolias, no obstante, las selvas caducifolias y subcaducifolias, los bosques de coníferas y los bosques de latifoliadas, registraron una importante probabilidad de transición hacia la agricultura de temporal (Figura 6). Estos cambios se ubicaron principalmente en Quintana Roo, Yucatán y en el norte y altos de Chiapas, los cuales corresponden a los estados que concentran la mayor cantidad de indígenas Mayas con manejo tradicional de agricultura de temporal en el sureste de México.

Se realizó una comparación de la tasa de deforestación del sureste de México, con las reportadas para otras regiones tropicales a nivel mundial, se encontró que en esta región se están registrando rápidos procesos de deforestación junto con el petén en Guatemala y Belice (Cuadro 5). Lo que significa una amenaza para la biodiversidad de Centroamérica.

Algunos estudios considera que la pérdida de la cobertura forestal del sureste mexicano, ha sido ocasionada en su mayoría, por las diversas políticas gubernamentales que apoyaron la colonización y la ganadería extensiva en esta región entre 1960 y 1990, principalmente en Tabasco, Veracruz y Chiapas (Revel-Mouroz, 1980, Villafuerte *et al.*, 1993, Tudela,

1989, Dirzo y García, 1991, Ortiz y Toledo, 1998, Mendoza y Dirzo, 1999), es decir causas subyacentes.

Los remanentes más importantes de selvas se encuentran en Chiapas, Campeche y Quintana Roo, y aunque algunas de estas áreas de selvas se encuentran en áreas naturales protegidas (ANPs), algunos estudios reportan que muchas de las ANPs del sur de México, tienen problemas de deforestación (Dirzo y García, 1991; Ortiz y Toledo, 1998; Mendoza y Dirzo, 1999; Díaz-Gallegos, 2000).

Debido a que la deforestación del sureste de México es elevada, las políticas de desarrollo ganadero que se implementen en esta región, deben plantear un cambio urgente hacia un enfoque de ganadería intensiva; así mismo,

Cuadro 5. Comparación de las tasas de deforestación en diferentes regiones tropicales del mundo

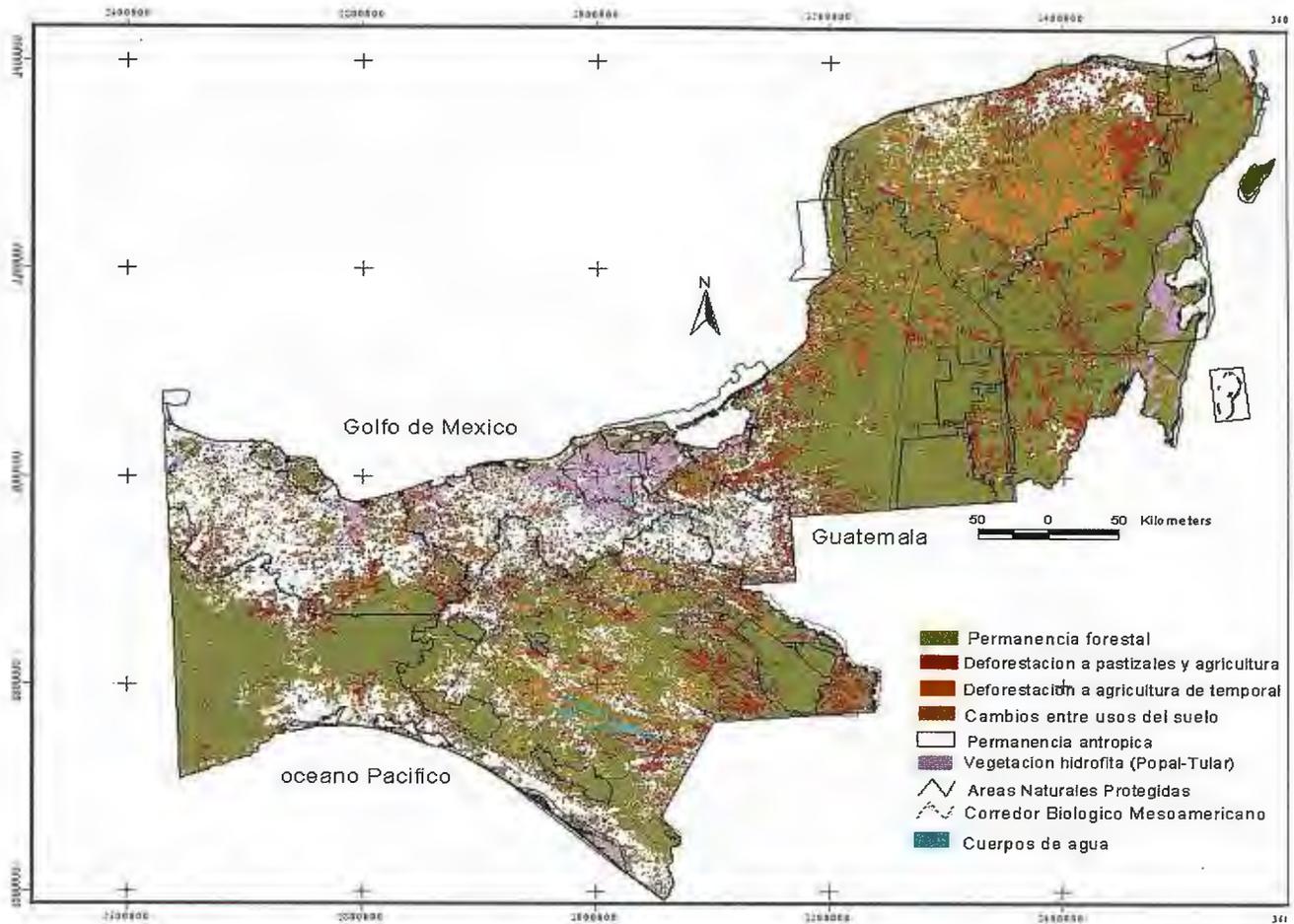


Figura 5. Mapa de distribución de los procesos de cambios del sureste de México (1978-2000) (fuente: Díaz-Gallegos *et al.* 2006).

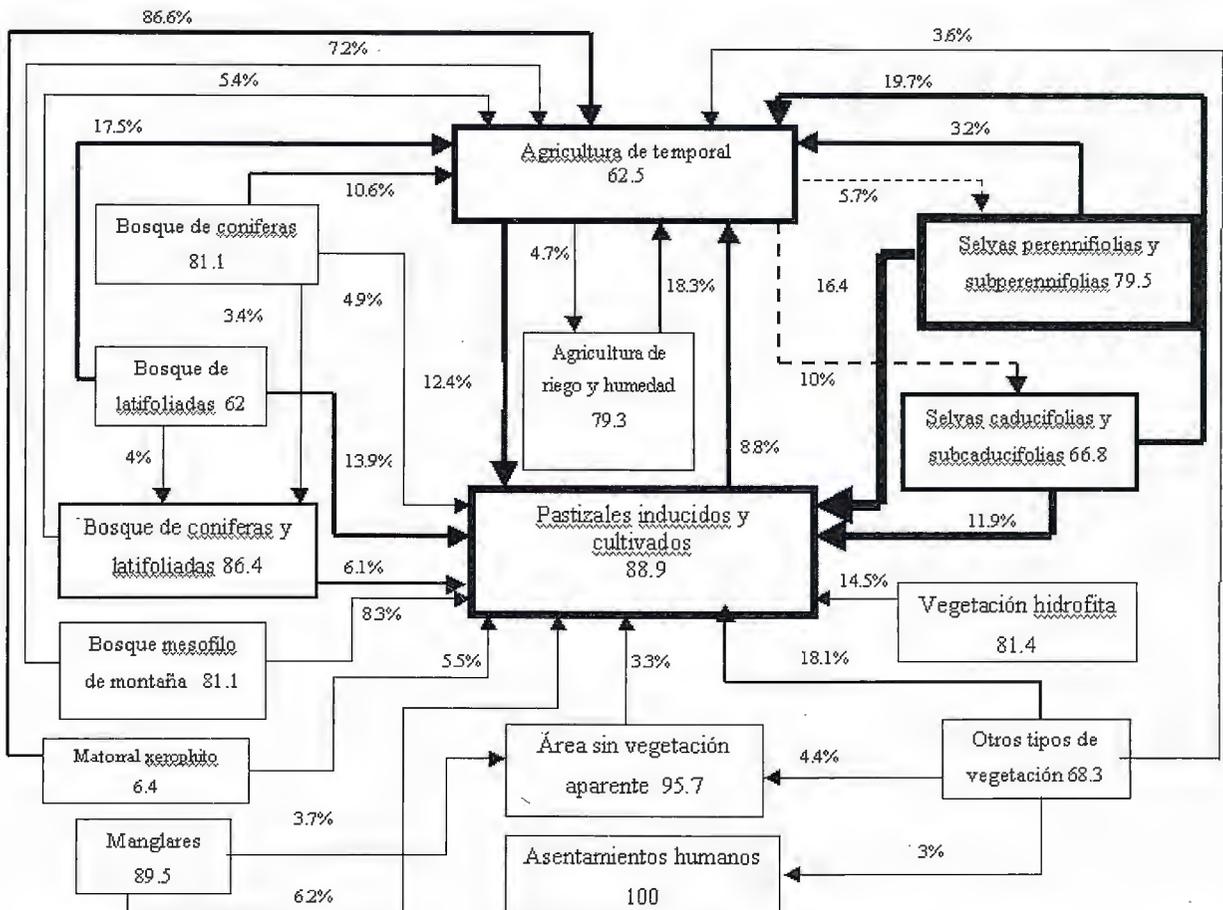


Figura 6. Este diagrama de flujos muestra las probabilidades de transición (>3%) de cada uso y cobertura del suelo en el periodo (1978-2000) en el sureste de México. Los cuadros y líneas oscuras indican los intercambios más importantes de superficie, los números dentro de los cuadros indica el porcentaje que no presentó cambio, y la línea punteada indica recuperación (fuente: Díaz-Gallegos *et al.* 2006)

se deben aplicar políticas gubernamentales de reconversión del uso del suelo en estados como Chiapas, Yucatán, Tabasco y Veracruz, los cuales presentaron un proceso de antropización muy acelerado. Aunado a esto, se debe dar prioridad al desarrollo de programas forestales.

### Reflexiones finales

Los bosques tropicales mantienen la mayor diversidad planetaria, pero también registran altas tasas de deforestación y una constante perturbación. La degradación y reducción de los bosques tropicales, es la principal causante de la actual "Crisis de la Biodiversidad Tropical", aunado a ello contribuyen con el 20 % de las emisiones del dióxido de carbono, que esta provocando el cambio climático global.

Se han publicado alrededor de mil artículos científicos que analizan la magnitud, patrones espaciales, las variables causales y el mapeo de posibles áreas de riesgo de ocurrencia de deforestación en diferentes partes del mundo. Independientemente de que aun falta bastante por hacer; este gran esfuerzo, aun no ha logrado ser considerado seriamente por los gobiernos de los diferentes países involucrados, al momento de que se implementan las políticas productivas sectoriales en los trópicos.

Por el contrario, en muchos países como en México, los gobiernos han estado más enfocados en enmascarar las cifras reales de deforestación, para mostrar que la deforestación ha disminuido. En lugar de abordar este problema ambiental en forma integral y proponer estrategias viables que permitan disminuir la crisis ambiental del trópico mexicano.

Sin duda alguna, la continua deforestación de los bosques tropicales tiene consecuencias severas en el ambiente del planeta, asegurando un permanente desequilibrio ecológico, ya que muchos de los daños ocasionados a los bosques tropicales, son casi irreversibles, por lo que se ha convertido actualmente en un gran inhibidor que mantiene colapsada la sustentabilidad en las zonas tropicales. Aunque estrategias integrales bien consensuadas a nivel internacional y ejecutadas por gobiernos locales podrían ayudar a mitigar el problema, se necesitarían varias décadas para lograrlo.

Por otra parte, se argumenta que existen zonas con buen manejo forestal en muchas partes del mundo y hasta aseguran ser sustentables; aun así, este tipo de manejo del bosque no tiene los alcances como para considerarse una solución de la deforestación tropical. Sin duda, la deforestación tropical es un problema ambiental que necesita de una gran voluntad política y económica al nivel internacional para lograr una urgente y pronta solución. En este sentido, detener la deforestación en los trópicos, significa muchos beneficios ambientales y económicos para el mundo. Entre los más importantes estarían la reducción de la pérdida de biodiversidad, un mejoramiento de los servicios ecosistémicos, se evitaría la emisión de miles de toneladas de carbono a la atmósfera por deforestación y se contribuiría significativamente con la captura de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los países industrializados, entre otros. De alguna manera, esto podría permitir un equilibrado sostenimiento de la vida en la tierra.

El 70 % de las emisiones de los gases de efecto invernadero que están provocando el cambio climático global, provienen de los países industrializados; y aunque la deforestación contribuye poco al calentamiento global, éste último podría provocar severos cambios fisiológicos y ecológicos irreversibles en los remanentes de bosques tropicales, lo que agudizaría la crisis ambiental en los trópicos, y a su vez afectaría considerablemente la calidad de vida de la humanidad.

### Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por proporcionarle una beca de doctorado, con el folio 124650.

### Literatura citada

- Achard F., Eva H., Glimi A., Mayaux P., Richards T. y Stibig H.J. 1998. Identification of deforestation hot spot areas in the humid tropics, TREES Series B, N°4, EUR 18079 EN, European Commission, Luxembourg, 100p.
- Adger W.N., Brown K., Cervigni R. y Moran D. 1995. Total economic value of forests in Mexico. *Ambio* 24 (5):286-296.
- Andersen L. 1996. The causes of deforestation in Brazilian Amazon. *Journal of Environment and Development* 5(3):309-308.
- Andren H. 1996. Population responses to habitat fragmentation: statistical power and the random sample hypothesis. *Oikos* 76:235-242.
- Angelsen A. y Kaimowitz D. 1999. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *The world bank research observer* 14(1):73-98.
- Ahern J. 1999. Spatial concepts planning strategies, and future scenarios: a framework method for integrating landscape ecology and landscape planning. En: Klopatek, J. y R. Gardner (eds). *Landscape ecological analysis, issues and applications*. pp 175-201. Springer-Verlag, New York.
- Allen J. y Barnes D. 1985. The causes of deforestation in developing countries. *Annals of the association of American Geographers* 75(2):163-184.
- Bajpai D., Pillay S., Govender J., Shankland A. y Yaschine-Arroyo I. 1988. Forests and deforestation, issues, debates and policy implications. Ver. <http://ntl.ids.ac.uk/eldis/forests/forpap.htm>.
- Baladares B.S., Dall'olio E.A., Nuenes K.S. y Pinto E.E. 1993. A model of litterfall, litter layer losses and mass transfer in a humid tropical forest at Pernambuco, Brasil. *Journal of Tropical Ecology* 9: 291-301.
- Barbier E.B. y Alward B.A. 1996. Capturing the pharmaceutical value of biological diversity in a development country. *Environmental and Resource Economics* 8 (2):157-191.
- Batis M.A. 1993. Potencial utilitario de las selvas tropicales húmedas: hacia un nuevo conservacionismo. Parte 1. *Oikos* 20:14-15.
- Bierregaard Jr. R.O., Lovejoy T.E., Kapos V., dos Santos A.A. y Hutchings R.W. 1992. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *BioScience* 42:859-866.
- Bierregaard Jr. R.O. y Dale V.H. 1996. Island in an ever-changing sea: the ecological and socioeconomic dynamics of Amazonian rainforest fragments, pp. 187-204. En: *Forest patches in tropical landscapes*. Eds. Schelhas J y Greenberg R. Island Press. Washington, D.C.
- Bilborrow R. y Geores M. 1994. Population, land-use and the environment in developing countries: what can we learn from cross-national data? En: *the causes of tropical deforestation*, ed. Brown K, Pearce DW, pp 106-133. UCL Press, London.
- Bloomgarden C.A. 1995. Protected endangered species under future climate change: from single-species preservation to an anticipatory policy approach. *Environmental Management* 19:641-648.
- Bond W.J., Midgley J. y Vlok J. 1988. When is an island not an island? Insular effects and their causes in fynbos shrublands. *Oecologia* 77:515-521.
- Botkin D. y Keller E. 1997. *Environmental Science: earth as a living planet*, supplement of the text book. John Wiley and Sons.
- Boyce S.G. y McNab W.H. 1994. Management of forested landscapes: simulations of three alternatives. *Journal of Forestry* 92(1):27-32.
- Bruijnzeel L.A. 1990. Hydrology of moist tropical forests and effects of conservation: a state of Knowledge review. Paris. UNESCO international hydrological Programme.
- Burgess J. 1993. Timber production, timber trade, and tropical deforestation. *Ambio* 22(2-3):136-143.
- Cairns M.A., Dirzo R. y Zadroga F. 1995. Forests of Mexico: a diminishing resource?, *Journal of Forestry* 93:21-24.
- Castillo P.E., Lehtonen P., Simula M., Sosa V. y Escobar R. 1989. Proyecciones de los principales indicadores forestales de México a largo plazo (1988-2012), reporte interno, Subsecretaría Forestal, Cooperación México-Finlandia, SARH, México.
- Castellanos E., Monzón C., Valencia V., Delgado L., Regalado O., Corral L., Roldán J., Roldán J.F., Pérez G., Noriega J.P., Veliz R., Ramos V.H., Solís H., Zetina J.E., Guerra L. y Saravia F. 2006. Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y mapa de cobertura forestal 2001. Fase II: Dinámica de la cobertura forestal. Editado por Universidad del Valle de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Ciesla W.M. 1995. Climate change, forests and forest management: an overview, FAO Forestry Paper 126, Forest Resources Division, FAO, Rome, Italy.

- Cincotta R.P., Winsneski J. y Engelman R. 2000. Human population in the biodiversity hotspots. *Nature* 404:990-991.
- Chase.T.N, Pielke R.A., Kittel T.G.F., Nemani R.R. y Running S.W. 1999. Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. *Climatic Dynamics* 16:93-105.
- Chomitz K.M. y Gray D.A. 1996. Roads, lands, markets, and deforestation: a spatial model of land use in Belice. *The World Bank Economic Review* 10(3):487-512.
- Cortina V.S., Macario P. y Ogneva Y. 1999. Cambios de uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 38:41-56.
- Cortez-Ortiz A. 1990. Estudio preliminar sobre deforestación en la región fronteriza del río Usumacinta. Reporte Interno. INEGI. México. 25 p.
- Cuarón A. 1991. Conservación de los primates y sus habitas en el sur de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Heredia. Costa rica. 113 p.
- Díaz-Gallegos J.R. 2000. Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Tesis de Maestría, el Colegio de la Frontera Sur. 57 p.
- Díaz-Gallegos J.R., Mas J.F. y Velázquez A. 2009. Patterns and trends of deforestation of tropical forest in southeast Mexico. *Singapur Journal of Tropical Geography* En prensa.
- Dirzo R. y García M.C. 1991. Rates of deforestation in Los Tuxtlas a Neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology* 6:84-90.
- Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Trexler M.C. y Wisniewski J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263:185-190.
- Dobson A., Jolly A. y Rubenstein D. 1989. The greenhouse effect and biological diversity. *Trends in Ecology and Evolution* 4:64-68.
- Durán E., Mas J.F. y Velázquez A. 2005. Land use cover change in community-based forest management regions and protected areas in Mexico. In: D. Bray, L. Merino y D. Berry (eds) *The community forest of Mexico, managing for sustainable landscapes*. University of Texas., Austin, pp. 215-238.
- Elnagheeb A.H. y Bromley D.W. 1994. Extensification of agriculture and deforestation: empirical evidence from Sudan. *Agricultural Economics* 10:193-200.
- Escamilla A., Sanvicente M., Sosa M. y Galindo C. 2000. Habitat mosaic, wildlife availability and hunting in the tropical forest of Calakmul, Mexico. *Conservation Biology* 14:1592-1601.
- Ezcurra E. 2002. La biodiversidad a diez años de Río, En: *La transición hacia el desarrollo sustentable, perspectivas de América Latina y el Caribe*, Leff E., E. Ezcurra, I. Pisanty, P. Romero (comp.) Pp. 327-342.
- Farber S., Costanza R. y Wilson M. 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics* 41:375-392.
- Food and Agriculture Organization. 1988. An intern report on the state of forest resources in the developing countries, Forest Resource Division, Forestry Department, Roma, Italia, www.fao.org
- Food and Agriculture Organization. 1992. Aménagement et conservation des forets denses en amerique tropicale, étude FAO forets no 101, 146 p. www.fao.org
- Food and Agriculture Organization. 1995. Evaluación de los Recursos Forestales 1990, países tropicales Estudios Forestales de FAO. Número 112, 41 pp. Roma, Italia. www.fao.org
- Food and Agriculture Organization. 2002. State of the world forest 2001. Food and Agriculture Organization, 181 p. www.fao.org
- Food and Agriculture Organization. 2007. Situación de los bosques del mundo 2007. Food and Agriculture Organization, 143 p. www.fao.org
- Fearnside P.M. 1995. Potencial impacts on climatic change on natural forest and forestry in Braziliam Amazonia. *Forest Ecology and Management* 78:51-70.
- Fearnside P.M. 1996. Environmental services as strategy for sustainable development in rural Amazonia. *Ecological Economics* 47:9:1-18.
- Fearnside P.M. 2001. Saving tropical forests as a global warming counter-measure: an issue that divides the environmental movement. *Ecological Economics* 39:167-184.
- Forman R.T. y Godron M 1986. *Landscape ecology*. John Wiley y Sons. New York.
- Fontan J. 1994. Changement globaux et developpement. *Nature-sciences-Societes*. 2(2):143-152.
- FRA. 2000. Global Forest Resources Assesment, Main Report. FAO. Forestry Paper. Roma Italia, 140 p.
- Frumbohoff P.C., Goetze D.C. y Hardner J.J. 1998. Linking solutions to climate change and biodiversity loss through the Kyoto protocol's clean, Development Mechanism. Union of Concerned Scientists, Cambridge.
- García de Fuente A. y Morales J. 2000. Dinámica regional de Yucatán 1980-2000. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 42:157-172.
- Gay C. y Martínez J. 1995. Mitigation of emissions of greenhouse gases in Mexico. *Interciencia*, 20 (6):336-342.
- Geist H. y Lambin E. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 2(52):143-150.
- Gentry A.H. 1988. Changes in plant community and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75:1-34.
- Geoghegan J., Cortina S., Klepeis P., Macario P., Ogneva Y., Roy R., Turner II B.L. y Vance C. 2001. Modeling tropical deforestation in the southern Yucatán peninsular region: comparing survey and satellite data. *Agriculture Ecosystems y Environment* 85:25-46.
- Gobierno de México. 1997. Programa forestal y de suelo, 1995-2000.
- Gomez-Pompa A., Vázquez C. y Guevara S. 1972. The tropical rainforest: a non-renewable resource. *Science* 177:762-769.
- Grainger A. 1984. Quantifying changes in forest cover in the humid tropics: overcoming current limitations. *Journal of Forestry Resource Management*. Num. 1 pp.3-63.
- Grainger A. 1994. Controlling tropical deforestation. Earthscan Publications, London. 310 p.
- Halffter G. y Ezcurra E. 1992. Que es la biodiversidad, En: *La Diversidad Biológica de Iberoamérica*, Halffter G. (comp). Acta Zoológica Mexicana. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED-D. pp. 3-24.
- Harrison S. 1991. Population growth, land use and deforestation in Costa Rica, 1950-1984. *Interciencia* 16:83-93.
- Houghton R.A., Hobbie J.E., Melillo J.M., Moore B., Peterson B.J., Shaver G.R. y Woodwell G.M. 1983. Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1960: a net release of CO<sub>2</sub> to the atmosphere. *Ecological Monographs* 53(3):235-262.
- Houghton R.A. y Woodwell C.M. 1989. Global climate change. *Scientific American* 260(4):36-40.
- Houghton R.A. 1994. The Wolrwide extend of land-use change. *Bioscience* 44(5):305-306.
- Hughes R.F., Kauffman J.B. y Jaramillo V.J. 1999. Biomass, carbon and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of Mexico. *Ecology* 80 (6):1892-1907.
- Hughes R.F., Kauffman J.B. y Jaramillo V.J. 2000. Ecosystem-scale impacts of deforestation and land use in a humid tropical region of Mexico. *Ecological Applications* 10:515-527.
- INPE / PRODES. 2006. Instituto de Pesquisas Espaciais. Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Programa PRODES. Ver. [http://www.obt.inpe.br/prodes/rates2002\\_2005.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/rates2002_2005.htm) (accessed 30 June 2006).
- Inbernon J. y Branthomme A. 2001. Characterization of landscape patterns of deforestation in tropical rain forests. *International Journal of Remote Sensing* 22(9):1753-1765.
- Intergovernmental Panel on climate change [IPCC]. 1995. Climate change 1995. The supplementary report to the IPCC scientific assessment. Cambridge University Press. England.
- Intergovernmental Panel on climate change [IPCC]. 2000. Summary for policy makers: land use, land use change and forestry. Geneva. IPCC.
- Jaramillo V. 2002. El ciclo global del carbono En: *Cambio climático en México*. Instituto nacional de Ecología, México.
- Kironchi G. y Mbuvi J. 1996. Effect of deforestation on soil fertility on the northwestern slopes of Mt Kenya, *ITC Journal* 3 (4):260-263.
- Lambin E.F. 1997. Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21(3):375 - 393.
- Lambin E. y Ehrlich D. 1997. The identification of tropical deforestation fronts at broad spatial scales. *International Journal of Remote Sensing* 18(17):3551-2568.
- Lambin E., Turner B.L., Geist H.J., Agbola S.B., Angelsen A., Bruce J.W., Coomes O., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P.S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E., Mortimore M., Ramakrishnan P.S., Richards J., Skanes H., Steffen W., Stone G., Svedin U., Veldkamp T., Vogel C. y Xu J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths, *Global Environmental Change* 11:261 -269.
- Landa R., Meave J. y Carabias J. 1997. Environmental deterioration in rural Mexico: an examination of the concept. *Ecological Applications* 7:316-329.
- Leemans R. y Zuidema G. 1995. Evaluating changes in land cover and their importance for global change. *Trends in Ecology and Evolution* 10:76-81.
- Lord J.M. y Norton D.A. 1990. Scale and the spatial concept of fragmentation. *Conservation Biology* 4:197-202.
- Lugo A.E., Parrota J.A. y Brown S. 1993. Loss in species caused by tropical deforestation and their recovery through management *Ambio* 22:106-109.
- Martínez-Ramos M. 1995. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. In: *Conocimiento y manejo de las selvas de la península de Yucatan*. Delfin G., H., Parra T., V. y Echazarreta O., O. (eds.) Universidad Autónoma de Yucatan, Mérida Yucatan. pp. 27-55.
- Mas J.F., Sorani V. y Álvarez R. 1996. Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. Número especial 5:43-57.
- Mas J.F. y Puig H. 2001. Modalités de la déforestation dans le sud-ouest de l'état du Campeche, Mexique. *Canadian Journal Forests Research* 31:1280-1288.
- Mas J.F., Velázquez A., Díaz-Gallegos J.R., Mayorga-Saucedo R., Alcántara C., Bocco G., Castro R., Fernández T. y Pérez-Vega A. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multidade spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5:249-261.
- Masera O., Ordóñez M.J. y Dirzo R. 1992. Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Ciencia*, Num. 43, Pp. 151-153.
- Masera O., Ordóñez M.J. y Dirzo R. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35:265-295.
- Masera O. y Sheimbaum C. 2000. Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities. The case of Mexico. *Climatic Change* 47(3):265-295.
- Masera O. 2002. Bosques y cambio climático en América Latina. Análisis y perspectivas. En: *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe*. Leff, E., E. Ezcurra, I. Pisanty y P. Moreno (Compls). Instituto Nacional de Ecología. 211-235.
- May R.M. 1988. How Many Species are there on Earths? *Science* 241:1441-1449.
- Mendoza E. y Dirzo R. 1999. Deforestation in lacandonia (southeast México): evidence for the declaration of the northern most tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8:1621-1641.
- Merino L. y Segura G. 2002. El manejo de los recursos forestales en México (1992-

- 2002): procesos tendencias y políticas públicas. En: Leff E; Ezcurra E; Pisanty I y Romero P (comps.). La transición hacia el desarrollo sustentable, perspectivas de América Latina y el Caribe, pp. 237-256.
- Mittermeier A.C. y Goettsch C. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: México ante los retos de la biodiversidad. Sarukhán J. y R. Dirzo (comps). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 251-258 pp.
- Munasinghe M y Lutz E. 1993. Environmental economics and valuation in development decision making. En: M. Munasinghe (ed.), Environmental economics and natural resources management in developing countries. Washington, World Bank.
- Murali A.S. y Hedge R. 1997. Patterns of tropical deforestation. *Journal of Tropical Forest Science* 9:465-476.
- Murcia C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10:58-62.
- Myers N. 1989. Deforestation rates in tropical forest and their climatic implications, Friends of the Earth, London, England.
- Myers N. 1993. Tropical forests: the main deforestation fronts. *Environmental Conservation* 20:9-16.
- Nobre C.A., Sellers P.J. y Shukla J. 1991. Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate* 4:957-988.
- Nordin C.F. y Meade R.H. 1981. Deforestation and increased flooding of the Upper Amazon. *Science* 215:426-427.
- Nordhaus W.D. 1993. Optimal greenhouse gas reductions and tax policy un the DICE Model. *American Economic Review* 83:313-317.
- Ochoa-Gaona S. y Gonzalez-Espinosa M. 2000. Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, México. *Applied Geography* 20:17-42.
- Ochoa S. 2005. El proceso de fragmentación de los bosques de los altos de Chiapas y su efecto sobre la diversidad florística. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias. UNAM. 169 p.
- Ojima D.S., Galvin K.A. y Turner II B.L. 1994. The global impact of land-use change. *BioScience* 44:300-304.
- Ordóñez Ma J. 1998. Informe final de tesis de doctorado al fondo mexicano para la conservación de la naturaleza. 20 p.
- Ortiz-Espejel, Toledo V. 1998. Tendencias en la deforestación de la selva lacandona (Chiapas, México): el caso de las cañadas. *Interciencia* 23(6):318-327.
- Park C.C. 1992. Tropical rain forest. Routledge. New York. USA. 181 p.
- Palo M. 1994. Population and deforestation. En: the causes of tropical deforestation, ed. Brown K., Pearce D.W., pp 42-56. UCL press, London.
- Pérez A. y Ortiz M. 2002. Cambio de la cubierta vegetal y vulnerabilidad a la inundación en el curso bajo del río Papaloapan, Veracruz. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 48:90-105.
- Pearce D., Putz F.E. y Vanclay J.K. 2003. Sustainable forestry in the tropics: panacea or folly?. *Forest Ecology and Management* 172:229-247.
- PNUMA. 1993. Environmental data report 1993-1994. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oxford, Blackwell Publishers. www.pnuma.org
- Quintanilla J. 2004. Escenarios de emisiones futuras en el sistema energético mexicano. En: Cambio climático: una visión desde México, Martínez J, Fernández A, Osnaya P (comp). pp. 391-410.
- Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. 1998. Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología. UNAM, México DF.
- Reading U.A., Russell O.T. y Millington A.O. 1995. Humid Tropical Environments. Blackwell. Oxford UK Cambridge. 429 p.
- Revel-Mouroz J. 1980. Aprovechamiento y colonización del trópico húmedo mexicano: la vertiente del golfo y el Caribe. Fondo de Cultura Económica, México DF. 391 p.
- Repetto. 1988. The forest for the trees? Government policies and the misuse of forest resources. World Resource Institute, Washington, DC.
- Richards P.W. 1957. The tropical rain forest. 2<sup>da</sup> ed. Cambridge University Press, Cambridge. 85 p
- Rudel T. y Roper J. 1996. Regional patterns and historical trends in tropical deforestation, 1976-1990: a qualitative comparative analysis. *Ambio* 25:160-166.
- Sader S.A., Stone T.A. y Joyce A.T. 1990. Remote sensing of tropical forest: an overview of research and implications using non-photographic sensors. *PE&RS* 55:1343-1351.
- Sala O.E., Chapin F.S., Arnesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huberd-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., Poff N.L., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M.Y. y Wall D.H. 2000. Biodiversity: global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.
- SARH. 1992. Inventario Forestal Nacional de Gran Visión, reporte principal, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría Forestal y de Fauna silvestre, México, 49 p.
- SARH. 1994. Inventario Forestal Nacional Periódico, México 94, Memoria Nacional Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, México, 81 p.
- Sauders D., Hoobbs R. y Margules C. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 1:77-91.
- Secretaría de Energía. 2001. Balance nacional de energía 2000. Gobierno de México. www.se.gob.mx
- Siebert S.F. 1987. Land use intensification in tropical uplands: effects on vegetation, soil fertility and erosion. *Forest Ecology and Management* 21:37-56.
- Schubart O.R., Franken W. y Luizao F. 1984. Uma floresta sobre solos pobres, *Ciencias Hoje* 10 (2):26-32.
- Siebert S.F. 1987. Land use intensification in tropical uplands: effects on vegetation, soil fertility and erosion. *Forest Ecology and Management* 21:37-56.
- Shelton M.L. 1985. Modeling hydroclimatic processes in large watersheds. *Annals of the Association of American Geographers* 75(2): 185-202.
- Skole D.L. 1994. Data global land covers change in land use and land cover: a global perspective, Editors W.B. Meyer y B.L. Turner, Cambridge University press. 537 p.
- Skole D. y Tucker C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. *Science* 260:1905-1910.
- Steffent W.L., Walker B.H., Ingram J.I. y Koch G.W. 1992. Global change and terrestrial ecosystems: The operational plan. IGBP Report 21. Estocolmo.
- Sohn Y., Moran E. y Gurri F. 1999. Deforestation in north-central Yucatan (1985-1995): Mapping secondary succession of forest and agricultural land use in sotuta using the cosine of the angle concept. *Photogrametric Engineering Remote Sensing* 65(8):947-958.
- Southgate D., Sierra R. y Brown L. 1991. The causes of tropical deforestation in Ecuador: a statistical analysis. *World Development* 19(9):1145-1151.
- Sorani V. y Álvarez R. 1996. Hybrids maps: a solution for the updating of forest cartography with satellite images and existing information. *Geocarto International* 4(11):17-23.
- Terborgh U. 1992. Diversity and the tropical rain forest. Scientific American Library. New York, 243 p.
- Thiele R. y Wiebelt M. 1994. Policies to reduce tropical deforestation and degradation: a computable general equilibrium analysis for Cameroon. *Quarterly Journal of International Agriculture* 33(2):162-178.
- Toledo V.M. 1989. Bio-economic costs of transforming tropical forest to pastures in Latinoamérica. In: S Hecht editor, cattle ranching and tropical deforestation in latinoamerica, Westview press, Boulder Colorado.
- Toledo V.M. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventa. *Ciencias* 34:43-59.
- Toledo V., Batis A., Becerra R., Martínez E. y Ramos C. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México *Interciencia* 20(4):177-1 87.
- Tudela F. (coord.). 1989. La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco. CINVSTAV. México DF. 475 P.
- Turner B.L., Moss R.H. y Skole D.L. 1993. Relating land use and global land-cover change: a proposal for an IGBP-HDP core project. Global Change IGBP No. 24, HDP report No. 5.
- Turner B.L. y Meyer W.B. 1994. Global land use and land cover change: an overview: 3-10. En: Meyer, W.B. y B.L. Turner II. 1994. "Changes in land use and land cover: a global perspective". Cambridge University Press. 537 p.
- Turner I.M. y Corlett M.R. 1996. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology and Evolution* 11:330-333.
- Turner II B.L., Cortina S., Foster D., Geoghegan J., Keys E., Klepeis P., Lawrence D., Macario P., Manson S., Ogneva Y., Plotkin A., Pérez D., Roy R., Savitsky B., Schneider L., Schmook B. y Vance C. 2001. Deforestation in the Southern Yucatán Peninsular region: an integrative approach. *Forest Ecology and Management* 154:353-370.
- IUCN. 2006. El estado de las plantas y animales se deteriora progresivamente, lo revela la Lista Roja de la IUCN de Especies Amenazadas de 2006. Available online at: [http://www.iucn.org/places/orma/noticias/nota\\_02052006\\_01.doc](http://www.iucn.org/places/orma/noticias/nota_02052006_01.doc)
- Velázquez A., Mas J.F., Palacio J.L., Díaz-Gallegos J.R., Mayorga R., Alcántara C., Castro R. y Fernández T. 2002. Análisis de cambio de uso del suelo. Informe técnico. Convenio INE-IGG (UNAM), Instituto de Geografía, UNAM.
- Velázquez A., Mas J.F., Díaz-Gallegos J.R., Mayorga R., Alcántara C., Castro R., Fernández T., Bocco G. y Palacio J.L. 2002. Patrones y tasas de cambio del uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica*, INE 62:21-37.
- Velázquez A., Durán E., Ramírez I., Mas J.F., Bocco G., Ramírez G. y Palacio J.L. 2003. Land use-cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, México. *Global Environmental Change* 13:175-184.
- Villafuerte D., García M. y Meza S. 1993. Ganaderización y deforestación en el trópico mexicano y sus expresiones en el estado de Chiapas. CINVSTAV-PROAFT (SARCH), México.
- Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J. y Melillo J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277:494-499.
- Williams-Linera G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology* 78:356-373.
- Wilson E.O. 1989. Threats biodiversity. Scientific American. September 1989.
- Williams J.W., Jackson S.T. y Kutzbach J.E. 2007. Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD. PNAS 14 (104):5738-5742, Ver. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606292104](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606292104)
- Withers M.A. y Meentemeyer V. 1999. Concepts of scale in Landscape ecology. En: Klopatek, J. y R. Gardner (eds). Landscape ecological analysis, issues and applications. pp 205-252. Springer-Verlag, New York.
- Whitmore T.O. 1984. Tropical Rain forest of the far east. Second Edition Oxford. Clarendon Oxford USA. 352 p.
- Woodwell G.M., Hobbie J.E., Melillo J.M., Moore B., Peterson B.J. y Shaver G.R. 1983. Global deforestation: contribution to atmospheric carbon dioxide. *Science* 222:1081-1086.
- World Commission on Forests and Sustainable Development. 1998. Our Forests ... Our Future, March report, WCFSD Secretariat, Winnipeg; p.126.
- Zipperer W.C. 1993. Deforestation patterns and their effects on forest patches. *Landscape Ecology* 8:177-184.

# 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<sup>3</sup> 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: pagina de inicio-pagina 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. **Irà 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.

## ENVIO DE LOS MANUSCRITOS

Los manuscritos serán enviados en formato digital, preferentemente PDF o WORD a la dirección de correo electrónicos [manuscritos@mappinginteractivo.com](mailto:manuscritos@mappinginteractivo.com)

# Noticias

**La tecnología de SOKKIA se une a la de FARO en la medición de túneles** ALCYONE, partner de SOKKIADITAC, comercializa estas soluciones y realiza las pruebas de medición en el túnel situado en Durango

ALCYONE presenta sus últimas soluciones en la medición de túneles. La combinación de la tecnología de SOKKIA con la de Faro permite arrojar precisiones sin precedentes en el levantamiento topográfico de túneles. Así lo han demostrado las pruebas de medición del túnel situado en Durango, donde se ha dispuesto de dos equipos de medición: una **Estación Total Robotizada SRX** de SOKKIA y un **Láser Scanner Photon**, de Faro.

La unión de ambas tecnologías ofrece una versatilidad y precisión óptimas, ya que, por ejemplo, el control remoto de SOKKIA permite que uno de los operadores de la brigada de trabajo tome los puntos de apoyo mientras que el otro operador prepara el equipo scanner, disminuyendo así el tiempo total de trabajo. La **SRX** de SOKKIA es una estación total con autocentrado sobre objetivos reflectantes (prismas o dianas), con seguimiento sobre prisma, y control remoto bajo demanda del operador. La **Estación Total SRX** utiliza las últimas tecnologías para conseguir que las mediciones con un solo operador sean sencillas, rápidas y precisas. Por su parte, el **Láser Scanner Photon** de Faro es una herramienta rápida y precisa que posibilita disponer de un modelo 3D de alta precisión y definición, mejorando cualquier otra herramienta utilizada para la medición en túneles.

## **Metodología aplicada al túnel de Durango.-**

• Como paso previo en cualquier levantamiento topográfico, se sitúa la estación total **SRX** en el entorno de trabajo. Para obtener las coordenadas del punto estación del instrumento, se realiza un estacionamiento inverso mediante el programa interno correspondiente. A continuación, con la **Estación Total SRX** de SOKKIA convenientemente estacionada, se obtienen las coordenadas de los puntos en los que se va a apoyar el Láser Scanner, de manera que una vez procesada esta información, todas las tomas encajen con gran precisión.

• Los puntos de apoyo que utiliza el **Láser Scanner** se materializan mediante esferas, cuyos centros ocupan las posiciones que se determinan previamente con la **Estación Total**.

• Las esferas empleadas son roscadas y disponen de accesorios magnéticos para poder situarlas en cualquier lugar. Para saber las coordenadas exactas del punto central de cada esfera, antes de colocar estas en sus soportes, se utiliza un prisma roscado al mismo adaptador magnético de la esfera, de manera que este prisma ocupe la misma posición que el centro de aquella, posición que es medida con la **Estación Total** y cuyas coordenadas se obtienen a partir de las calculadas para el estacionamiento libre

• Las tomas realizadas con el **Láser Scanner de Faro** tienen tan sólo una duración media de unos 4 minutos, siendo la velocidad de toma de datos de 120000 puntos por segundo. De esta manera se obtiene un modelo digital 3D de una precisión máxima para todo el túnel, incluyendo pequeños detalles como cavidades, y pudiéndose comparar con cualquier sección de proyecto de forma más precisa.

• Una vez realizada la primera toma, se sitúa el Scanner aproximadamente a unos 25 metros del primer estacionamiento y se vuelve a realizar la siguiente toma. Las esferas de apoyo se irán cambiando de posición a medida que se vaya avanzando a lo largo del túnel.

## **Descarga de los datos.-**

Los datos obtenidos se pueden consultar directamente mediante un ordenador conectado al Scanner por WIRELESS o cable, y ver si la toma ha sido realizada con éxito. Los datos también se guardan automáticamente en el Láser Scanner ya que dispone de un Disco Duro de gran capacidad.

Para mayor agilidad en el trabajo, normalmente sólo se consulta la primera toma. En las sucesivas solamente se pulsa un botón para que el sistema se ponga automáticamente en funcionamiento.

## **BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN**

## **MAPPING**

Deseo suscribirme a la revista MAPPING por 12 números al precio de 11 números.

Precio para España: 60 euros. Precio para Europa: 90 euros

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 .....

ELIJA LA HERRAMIENTA MÁS AVANZADA  
Y SU TRABAJO SERÁ MÁS FÁCIL

# Laser IMAGER 5006 de Z+F



- Intuitivo
- Sin cables
- Muy fácil de manejar
- En venta o alquiler



Avda Filipinas 46. Madrid 28003 Teléfono  
915537207

[grafinta@grafinta.com](mailto:grafinta@grafinta.com)